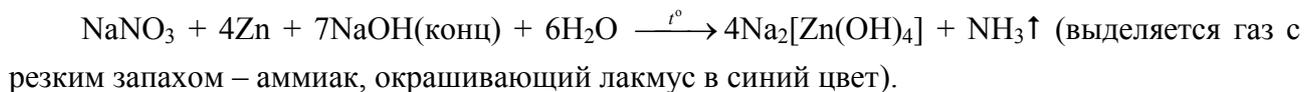


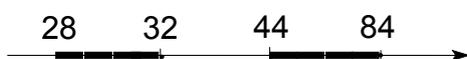


В последней пробирке находился нитрат натрия. Подтвердим это реакцией с цинком в щелочной среде:



4. Докажите, могут ли две газовые смеси при одинаковых условиях иметь равную плотность: смесь азота и кислорода со смесью криптона и углекислого газа? (8 баллов)

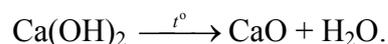
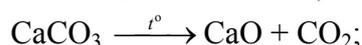
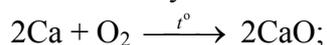
Решение. Равная плотность газовых смесей при одинаковых условиях означает, что у них одинаковые средние молярные массы. Данные газовые смеси не могут иметь равную плотность, так как средняя молярная масса первой смеси находится в интервале $28 \text{ г/моль} < M_1 < 32 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси $44 \text{ г/моль} < M_2 < 84 \text{ г/моль}$:



5. Бинарное соединение имеет ионное строение. Общее число электронов в положительном ионе превышает число электронов в отрицательном ионе в 1.8 раза, а заряды ядер двух элементов отличаются в 2.5 раза. Установите формулу соединения, предложите два способа его получения. (10 баллов)

Решение. Оба иона, вероятнее всего, имеют электронные оболочки инертных газов, по соотношению числа электронов подходят Ne ($Z = 10$) и Ar ($Z = 18$). Значит, у отрицательного иона 10 электронов (меньше), тогда возможные ионы F^- или O^{2-} . У положительного – 18 электронов (больше), возможные ионы: K^+ и Ca^{2+} . Отношение зарядов ядер 2.5 соответствует оксиду кальция CaO : $Z(\text{Ca}^{2+}) = 20$, $Z(\text{O}^{2-}) = 8$.

Способы получения оксида кальция:



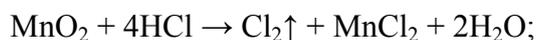
Ответ: CaO .

6. Определите возможное строение неизвестного алкена А, если известно, что с осадком, полученным при взаимодействии 16.8 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, может прореагировать 200 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 4 моль/л, а при взаимодействии А с подкисленным раствором дихромата калия при нагревании образуется только одно органическое соединение. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Реакция осадка с соляной кислотой:



$$v(\text{HCl}) = c \cdot V = 0.2 \cdot 4 = 0.8 \text{ моль};$$

тогда $v(\text{MnO}_2) = 0.2 \text{ моль}$.

Из уравнения первой реакции получаем, что $\nu(C_nH_{2n}) = 0.3$ моль.

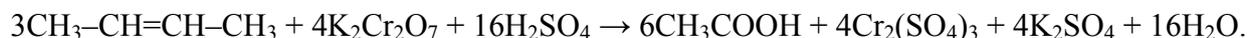
Определим неизвестный алкен:

$$M(C_nH_{2n}) = 16.8 / 0.3 = 56 \text{ г/моль,}$$

$$14n = 56; n = 4.$$

Алкен имеет формулу C_4H_8 , которой соответствуют бутен-1, бутен-2 и 2-метилпропен.

Все три вещества удовлетворяют условию задачи. Реакция окисления бутена-2:



При окислении бутена-1 получится пропановая кислота и CO_2 , окисление изобутена приведет к образованию ацетона и CO_2 .

Ответ: бутен-2, бутен-1, 2-метилпропен.

7. Значение pH 0.141%-ного раствора одноосновной кислоты составляет 2.436. Определите формулу кислоты, если известно, что ее константа диссоциации $K_d = 5.1 \cdot 10^{-4}$, а плотность раствора равна 1 г/мл. Диссоциацией воды пренебечь. (12 баллов)

Решение. Концентрация ионов H^+ равна

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2.436} = 3.664 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Кислота обратимо диссоциирует в растворе:

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-.$$
$$K_d = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{c - [H^+]} = \frac{(3.664 \cdot 10^{-3})^2}{c - 3.664 \cdot 10^{-3}} = 5.1 \cdot 10^{-4}.$$

Из полученного уравнения определим c – молярную концентрацию кислоты:

$$c = 0.03 \text{ моль/л.}$$

В 1000 мл (это 1000 г, т.к. плотность равна единице) содержится 1.41 г кислоты HA, и это 0.03 моль. Тогда $M(HA) = 1.41 / 0.03 = 47$ г/моль, что соответствует азотистой кислоте HNO_2 .

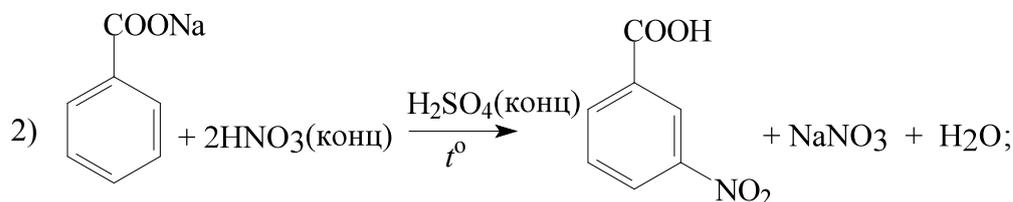
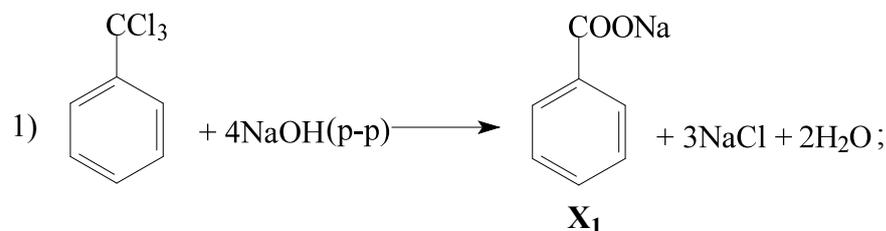
Ответ: HNO_2 .

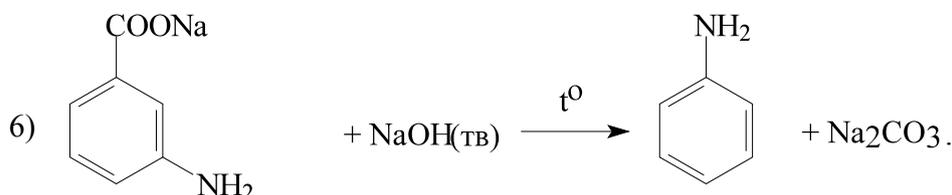
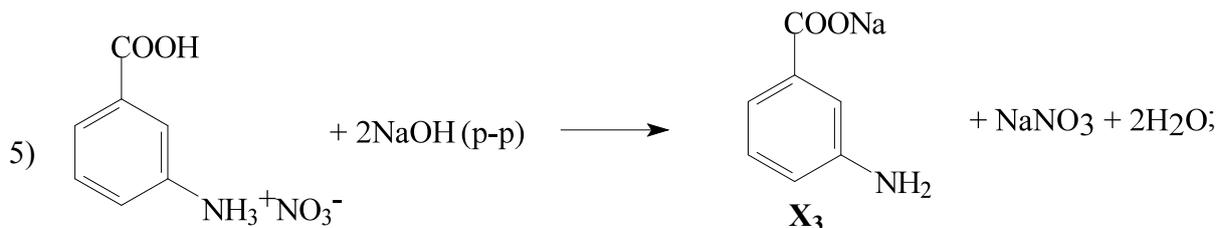
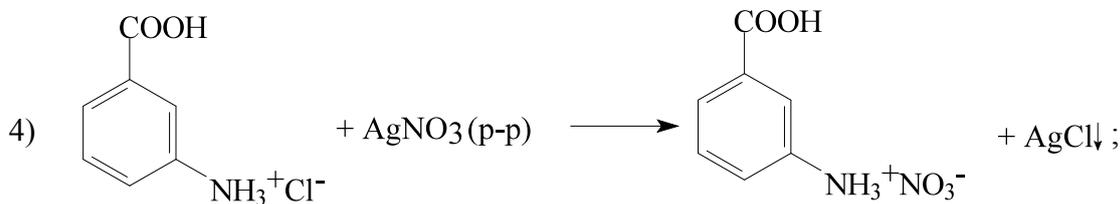
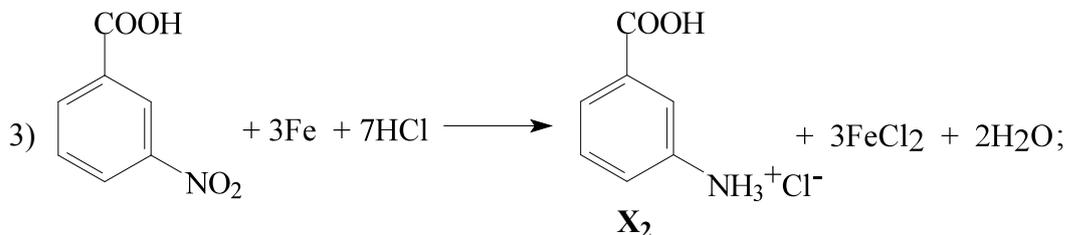
8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



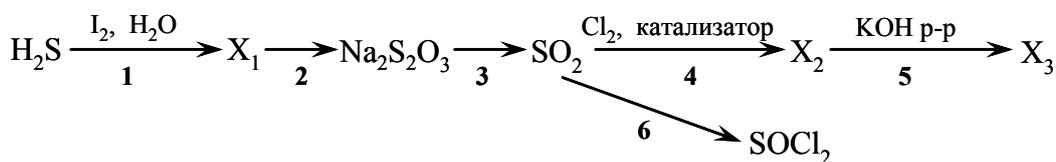
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение.



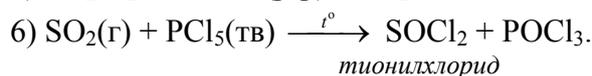
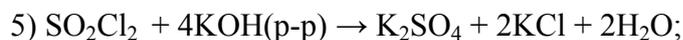
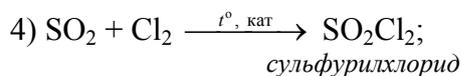
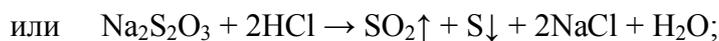
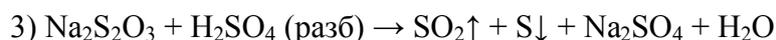
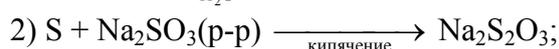
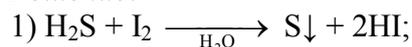


9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X_i – вещества, содержащие серу):



(12 баллов)

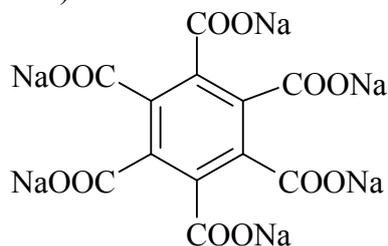
Решение:



Ответ: X_1 – S; X_2 – SO_2Cl_2 ; X_3 – K_2SO_4 .

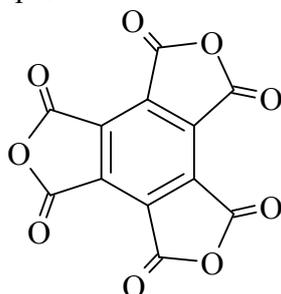
10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

Решение. Соль **Y** образовалась при взаимодействии вещества **X** с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, **X** – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе **X** нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – **Y**:

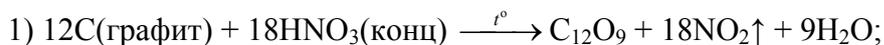


соль **Y**

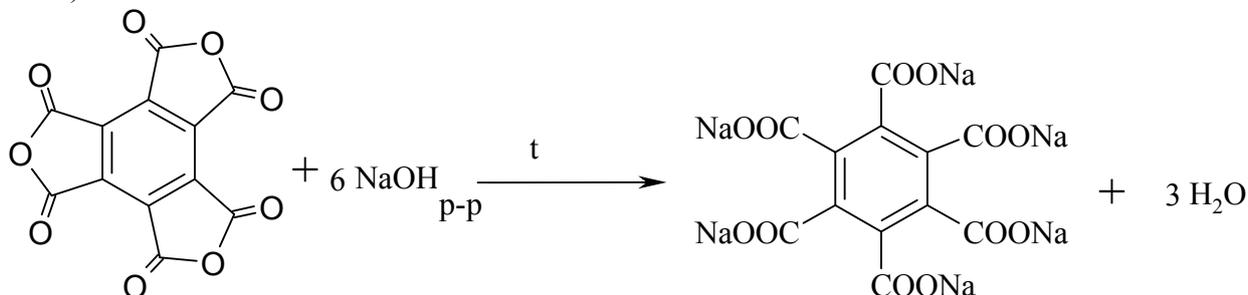
Соль **Y** образовалась из **X** – ангидрида меллитовой кислоты:



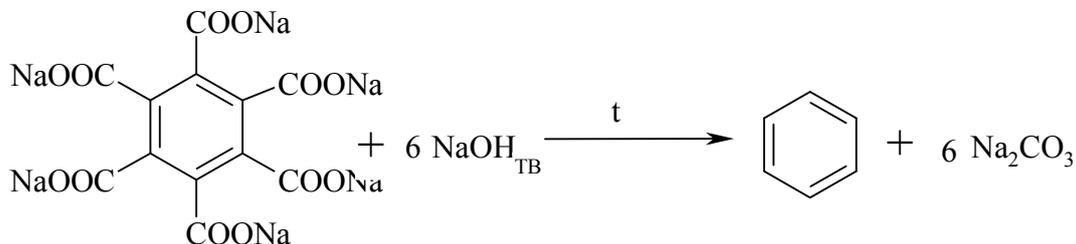
соединение **X**



2)



3)



ВАРИАНТ 2

1. Определите валентности и степени окисления элементов переходных металлов в следующих соединениях: **A1.** KMnO_4 , **A2.** K_2MnO_4 .

Напишите уравнение реакции, соответствующее схеме превращения **A1** \rightarrow **A2**. (6 баллов)

Решение.

$28 \text{ г/моль} < M_1 < 44 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси – в интервале $40 \text{ г/моль} < M_2 < 131 \text{ г/моль}$:



5. Вещество ионного строения состоит из двух элементов-неметаллов. Массовая доля одного из них составляет 93.3%, а мольная доля – 50%. Установите строение вещества. Определите, геометрическую форму катиона и аниона и тип гибридизации каждого атома в них. (10 баллов)

Решение. Поскольку мольные доли неметаллов равны, простейшую формулу вещества можно записать как XY. Выразим отношение масс элементов:

$$m(X) : m(Y) = 93.3 : 6.7 = 14 : 1 = M(X) : M(Y).$$

Вероятнее всего, это – N и H. Катион NH_4^+ содержит четыре атома H, тогда анион должен содержать три атома N – это азид-ион N_3^- . Следовательно, вещество – *азид аммония* NH_4N_3 .

Ион NH_4^+ имеет форму правильного тетраэдра – sp^3 -гибридизация атома азота. Ион N_3^- имеет линейную структуру $\text{N}=\text{N}=\text{N}$, центральный атом азота в нем имеет sp -гибридизацию, а крайние атомы – sp^2 -гибридизацию.

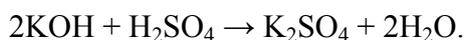
Ответ: азид аммония NH_4N_3 .

6. Определите возможное строение неизвестного алкена А, если известно, что для нейтрализации раствора, полученного при взаимодействии 50.4 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, требуется 80 мл раствора серной кислоты с концентрацией 2.5 моль/л, а при взаимодействии А с подкисленным раствором дихромата калия при нагревании образуется только одно органическое соединение. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Нейтрализация раствора:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = c \cdot V = 2.5 \cdot 0.08 = 0.2 \text{ моль},$$

$$v(\text{KOH}) = 0.4 \text{ моль}.$$

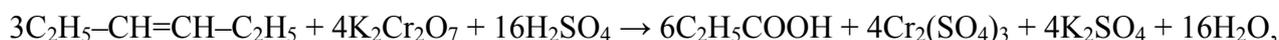
Тогда, из уравнения реакции окисления,

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.6 \text{ моль},$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 50.4 / 0.6 = 84 \text{ г/моль},$$

$$14n = 84, \quad n = 6.$$

Условию задачи удовлетворяют изомеры гексена, дающие при жестком окислении пропионовую кислоту (гексен-3):

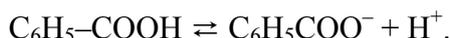


или же дающие один органический продукт и углекислый газ. Так, гексен-1 превращается в пентановую кислоту и CO_2 , 1-метилпентен-1 и 2-этилбутен-1 дают соответствующие кетоны и CO_2 .

Ответ: гексен-3, гексен-1, изомерные метилпентены-1, 2-этилбутен-1.

7. Вычислите pH раствора бензойной кислоты с концентрацией 0.01 моль/л, если константа диссоциации этой кислоты равна $6.6 \cdot 10^{-5}$. Как изменится pH, если к 1 л этого раствора добавить 0.2 моль бензоата натрия? Считайте, что соль диссоциирована полностью. (12 баллов)

Решение. Диссоциация слабой бензойной кислоты:



$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]} = \frac{x^2}{0.01 - x} = 6.6 \cdot 10^{-5}$$

Получаем квадратное уравнение:

$$x^2 + 6.6 \cdot 10^{-5}x - 6.6 \cdot 10^{-5} = 0$$

Решаем уравнение и из двух корней выбираем положительный: $x = [\text{H}^+] = 7.8 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

$$\text{pH}_1 = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(7.8 \cdot 10^{-4}) = 3.11$$

При добавлении к раствору кислоты $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ концентрация бензоат-иона будет определяться концентрацией соли:

$$c(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-) = c(\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}) = 0.2 \text{ моль/л.}$$

$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+] \cdot 0.2}{0.01 - [\text{H}^+]} = \frac{0.2x}{0.01 - x} = 6.6 \cdot 10^{-5}$$

Отсюда $x = [\text{H}^+] = 3.3 \cdot 10^{-6}$ моль/л, $\text{pH}_2 = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(3.3 \cdot 10^{-6}) = 5.48$.

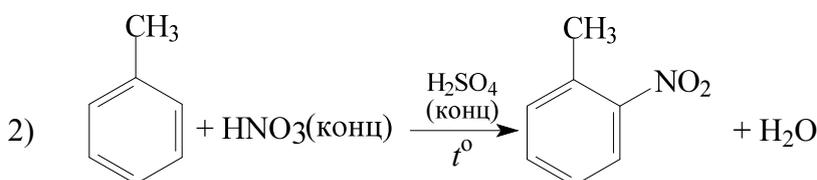
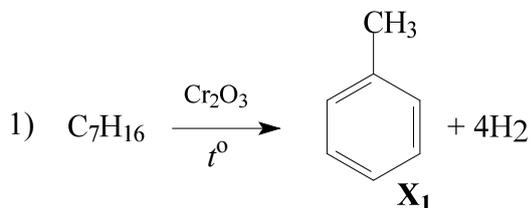
Ответ: $\text{pH}_1 = 3.11$; $\text{pH}_2 = 5.48$.

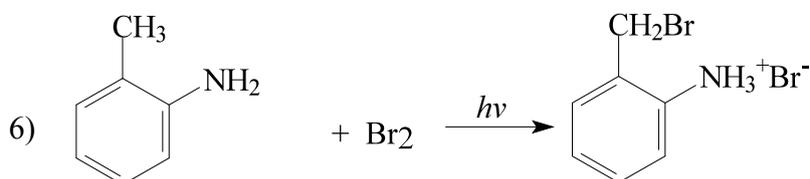
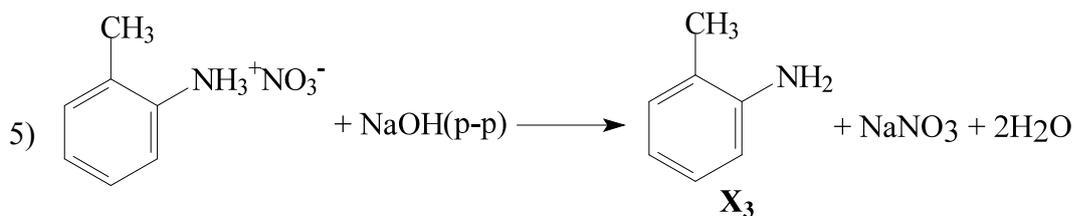
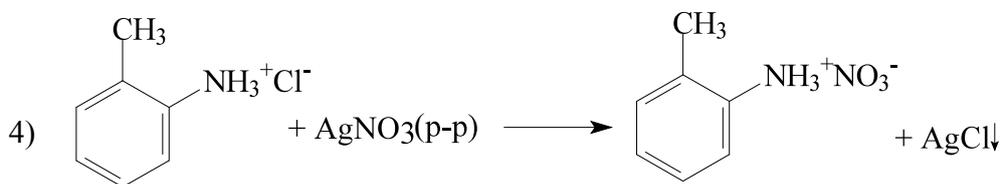
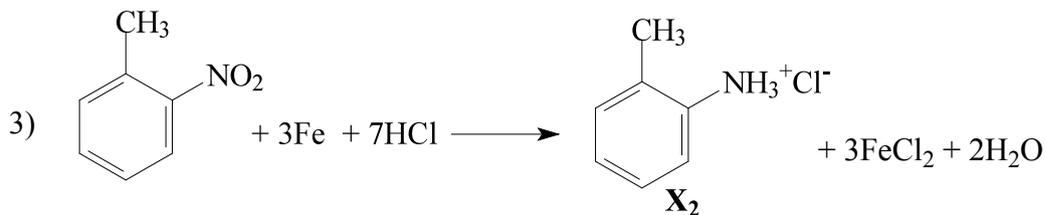
8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



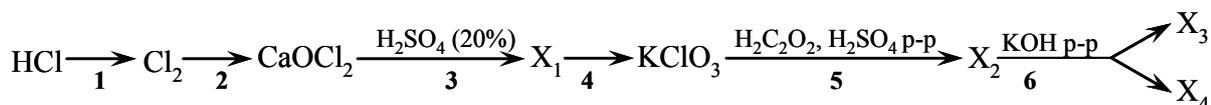
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:



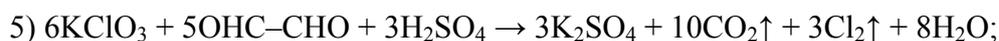
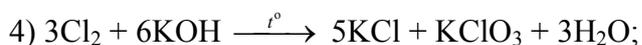
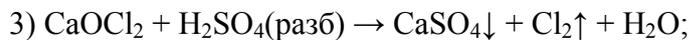
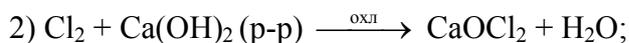
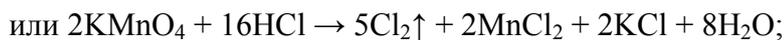


9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения:



(12 баллов)

Решение:



глиоксаль

Хлор уже фигурирует в качестве вещества X_1 , поэтому мы не можем выбрать его в качестве X_2 . Пусть X_2 – это углекислый газ, тогда

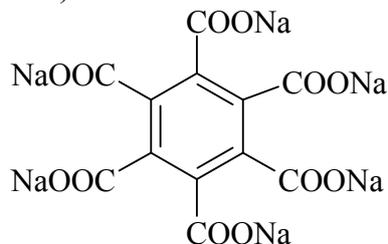


Ответ: $\text{X}_1 - \text{Cl}_2$; $\text{X}_2 - \text{CO}_2$; $\text{X}_3 - \text{K}_2\text{CO}_3$; $\text{X}_4 - \text{H}_2\text{O}$.

10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с

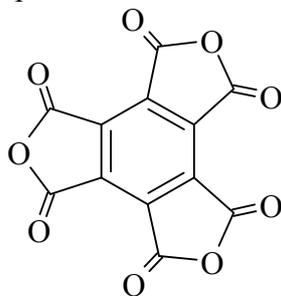
дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

Решение. Соль Y образовалась при взаимодействии вещества X с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, X – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе X нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – Y:

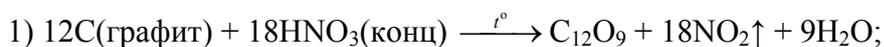


соль Y

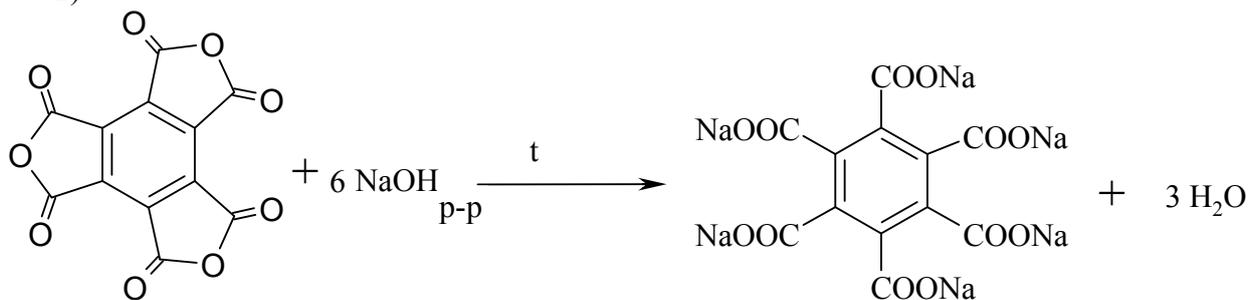
Соль Y образовалась из X – ангидрида меллитовой кислоты:



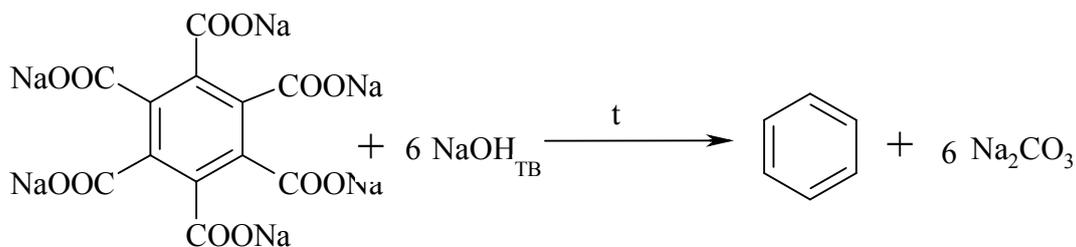
соединение X



2)



3)



ВАРИАНТ 3

1. Определите валентности и степени окисления элементов переходных металлов в следующих соединениях: A1. $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$, A2. $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Напишите уравнение реакции, соответствующее схеме превращения A1 → A2. (6 баллов)

Решение.

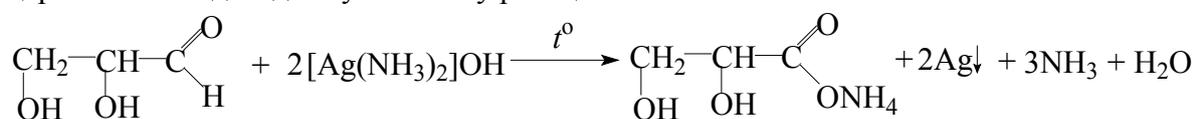
A1. Тетрагидроксохромат калия $K[Cr(OH)_4]$: степень окисления хрома +3, валентность IV.

A2. Гидроксид хрома $Cr(OH)_3$: степень окисления хрома +3, валентность III.

Превращение: $2K[Cr(OH)_4] + CO_2 \rightarrow 2Cr(OH)_3\downarrow + K_2CO_3 + H_2O$.

2. В вашем распоряжении имеются образцы глицеринового альдегида, крахмала и сахарозы. Как их различить? (6 баллов)

Решение. Прежде всего, можно определить крахмал благодаря его плохой растворимости в холодной воде (глицериновый альдегид и сахароза растворяются хорошо). Для подтверждения обработаем вещество раствором иода (водным или спиртовым) – крахмал дает синее окрашивание. Для идентификации оставшихся двух соединений проводим реакцию «серебряного зеркала» с аммиачным раствором оксида серебра $[Ag(NH_3)_2]OH$. Глицериновый альдегид вступает в эту реакцию:

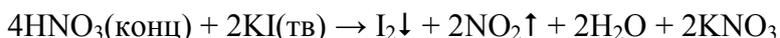


Образуется «серебряное зеркало», налет на стенке пробирки. В случае с сахарозой (невосстанавливающий дисахарид) ничего наблюдаться не будет – реакции не идут. Подтвердить определение сахарозы можно по реакции с хлоридом кальция – сахароза даст белый осадок сахарата кальция.

3. В пробирках без подписей находятся концентрированные растворы HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , HCl . Предложите способы определения содержимого пробирок. Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Данная задача может быть решена многими способами. Мы приводим один из возможных вариантов решения.

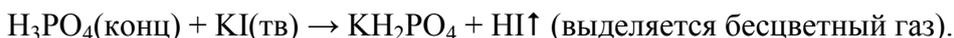
Ко всем растворам добавим твердый иодид калия:



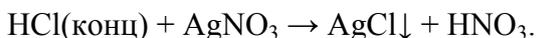
(образуется темно-серый осадок иода и выделяется бурый газ);



(выделяется бесцветный газ с запахом тухлых яиц и образуется темно-серый осадок);



В четвертом случае реакция не происходит. Подтвердить, что четвертое вещество – концентрированный раствор HCl можно, добавив раствор нитрата серебра: образуется белый творожистый осадок, нерастворимый в концентрированной кислоте.



4. Докажите, могут ли две газовые смеси при одинаковых условиях иметь равную плотность: смесь водорода и угарного газа со смесью азота и хлороводорода? (8 баллов)

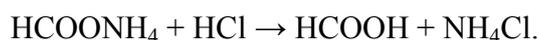
Решение. Равная плотность газовых смесей при одинаковых условиях означает, что у них одинаковые средние молярные массы. Данные газовые смеси не могут иметь равную плотность, так как средняя молярная масса первой смеси находится в интервале $2 \text{ г/моль} < M_1 < 28 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси – в интервале $28 \text{ г/моль} < M_2 < 36.5 \text{ г/моль}$:



Обе смеси не могут иметь среднюю массу, равную 28 г/моль (неравенства – строгие).

5. Вещество X имеет ионное строение. В составе положительного и отрицательного ионов есть общий элемент. Общая масса отрицательных ионов в 2.5 раза больше массы положительных ионов. Установите формулу X и напишите по одному уравнению реакций X со щелочью и кислотой. (10 баллов)

Решение. Возможный катион, имеющий сложный состав, – это NH_4^+ . Тогда общим элементом в составе аниона и катиона могут быть или H, или N. Масса катиона 18 г/моль. Если рассмотреть самый простой случай, когда и катион, и анион однозарядные, получим массу аниона $18 \cdot 2.5 = 45 \text{ г/моль}$. Из анионов, содержащих азот или водород, подходит формиат, значит, X – это формиат аммония HCOONH_4 . Уравнения реакций:



Если рассматривать вариант, когда общим элементом является азот, можно подобрать нитрит-анион NO_2^- , однако это решение не совсем точно соответствует условию задачи: масса нитрит-иона 46 г/моль, а $46 / 18 = 2.556 \approx 2.6$.

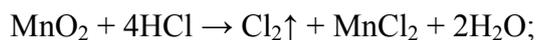
Ответ: формиат аммония HCOONH_4 .

6. Определите возможное строение неизвестного алкена А, если известно, что при взаимодействии осадка, полученного при реакции 25.2 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, с соляной кислотой выделяется 6.72 л газа, измеренного при н.у., а при взаимодействии А с подкисленным раствором дихромата калия при нагревании образуется только одно органическое соединение. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Реакция осадка с соляной кислотой:



$$v(\text{Cl}_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль};$$

тогда $v(\text{MnO}_2) = 0.3 \text{ моль}$.

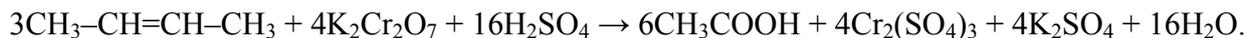
Из уравнения первой реакции получаем, что $v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.45 \text{ моль}$.

Определим неизвестный алкен:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 25.2 / 0.45 = 56 \text{ г/моль},$$

$$14n = 56; n = 4.$$

Алкен имеет формулу C_4H_8 , которой соответствуют бутен-1, бутен-2 и 2-метилпропен. Все три вещества удовлетворяют условию задачи. Реакция окисления бутена-2:



При окислении бутена-1 получится пропановая кислота и CO_2 , окисление изобутена приведет к образованию ацетона и CO_2 .

Ответ: бутен-2, бутен-1, 2-метилпропен.

7. Взвесь 1.27 г $CaOCl_2$ в 1 л раствора количественно прореагировала с карбонатом натрия. Выпавший осадок отфильтровали, причем объем раствора не изменился. Напишите уравнение реакции. Определите pH полученного раствора, если константа диссоциации хлорноватистой кислоты $K_d(HClO)=2.9 \cdot 10^{-8}$. (12 баллов)

Решение. Запишем реакцию хлорной извести с карбонатом натрия:

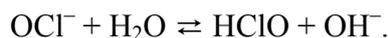


Количество хлорной извести:

$$v(CaOCl_2) = 1.27 / 127 = 0.01 \text{ моль},$$

следовательно, $v(NaOCl) = 0.01$ моль, $c(NaOCl) = 0.01$ моль/л.

Среда (pH) полученного раствора будет определяться гидролизом гипохлорита натрия:



Константа равновесия этого процесса (константа гидролиза) имеет следующий вид:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[HClO][OH^-]}{[OCl^-]} = \frac{[OH^-]^2}{c(NaClO) - [OH^-]},$$

ее величина связана с константой диссоциации кислоты и ионным произведением воды:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_w}{K_d} = \frac{10^{-14}}{2.9 \cdot 10^{-8}} = 3.45 \cdot 10^{-7}.$$

$$3.45 \cdot 10^{-7} = \frac{x^2}{0.01 - x}.$$

Получаем квадратное уравнение относительно x (концентрации ионов OH^-):

$$x^2 + 3.45 \cdot 10^{-7}x - 3.45 \cdot 10^{-9} = 0,$$

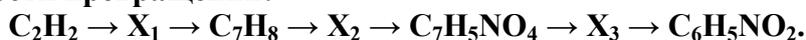
решение которого дает $x = [OH^-] = 5.85 \cdot 10^{-5}$ моль/л,

тогда $[H^+] = 10^{-14} / [OH^-] = 1.71 \cdot 10^{-10}$ моль/л.

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(1.71 \cdot 10^{-10}) = 9.77.$$

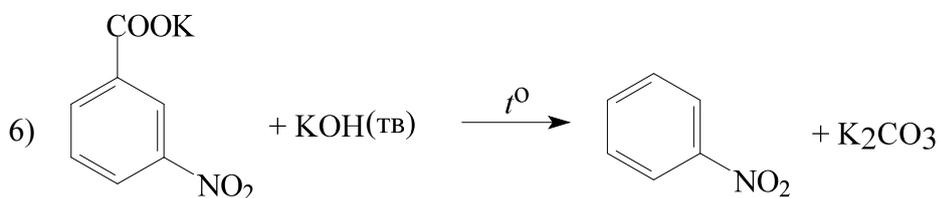
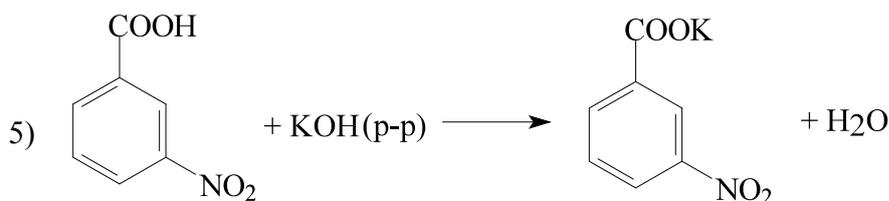
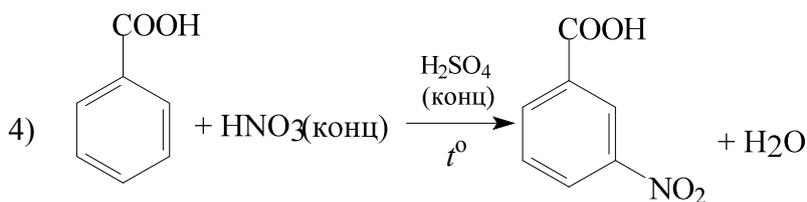
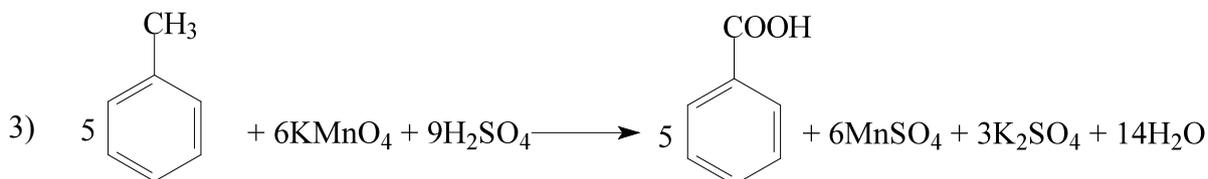
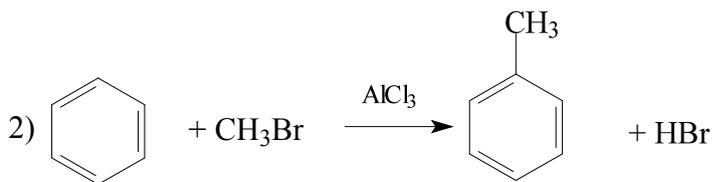
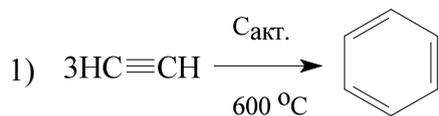
Ответ: pH = 10.26.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:

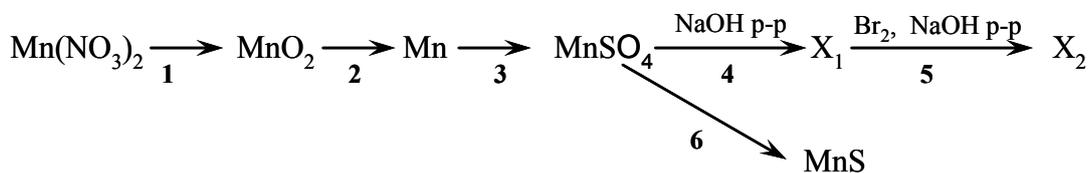


Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:

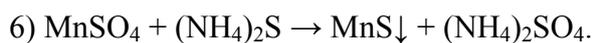
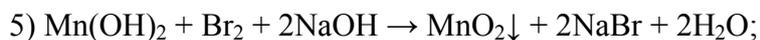
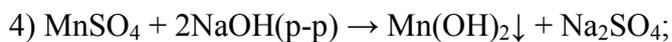
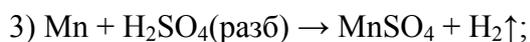
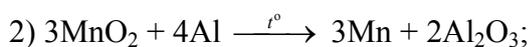
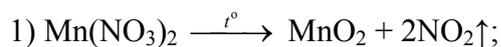


9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения:



(12 баллов)

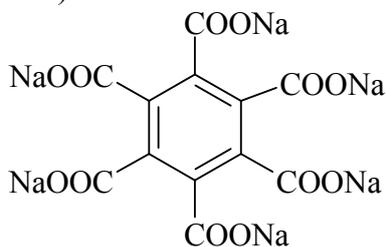
Решение.



Ответ: $X_1 - Mn(OH)_2$, $X_2 - MnO_2$.

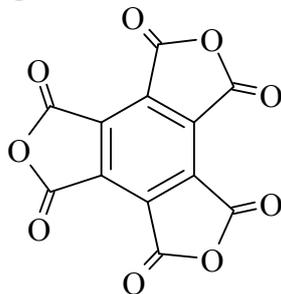
10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

Решение. Соль Y образовалась при взаимодействии вещества X с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, X – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе X нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – Y:

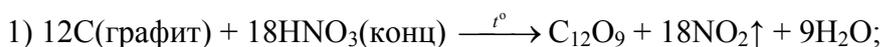


соль Y

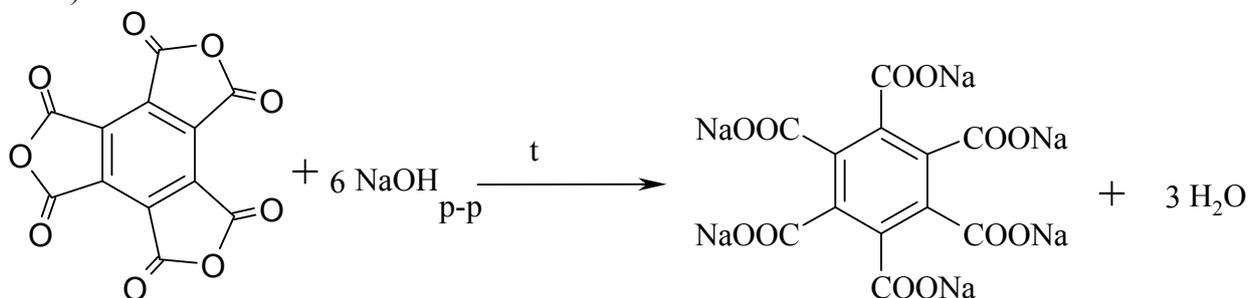
Соль Y образовалась из X – ангидрида меллитовой кислоты:



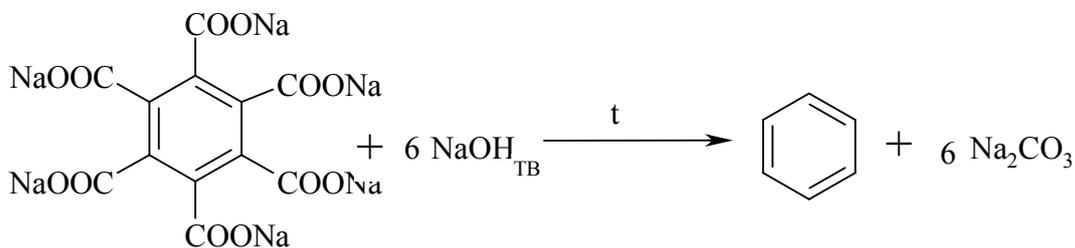
соединение X



2)

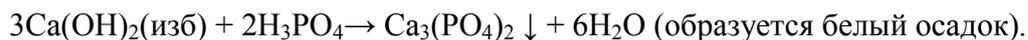


3)

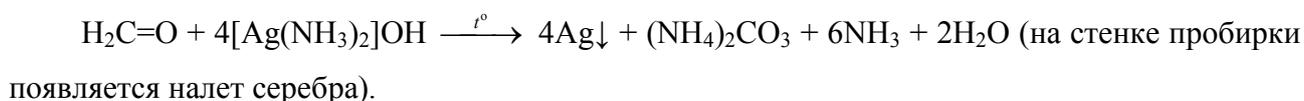




Фосфорную кислоту можно определить по реакции с избытком известковой воды:



Формальдегид вступает в реакцию «серебряного зеркала»:



4. Докажите, могут ли две газовые смеси при одинаковых условиях иметь равную плотность: смесь фосфина и неона со смесью фтороводорода и гелия? (8 баллов)

Решение:

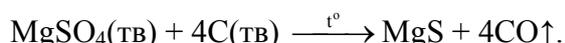
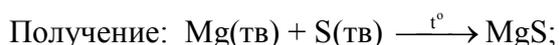
Решение. Равная плотность газовых смесей при одинаковых условиях означает, что у них одинаковые средние молярные массы. Данные газовые смеси не могут иметь равную плотность, так как средняя молярная масса первой смеси находится в интервале $20 \text{ г/моль} < M_1 < 34 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси – в интервале $4 \text{ г/моль} < M_2 < 20 \text{ г/моль}$:



Обе смеси не могут иметь среднюю массу, равную 20 г/моль (неравенства – строгие).

5. Бинарное соединение имеет ионное строение. Общее число электронов в отрицательном ионе превышает число электронов в положительном ионе в 1.8 раза, а заряды ядер двух элементов отличаются в 0.75 раза. Установите формулу соединения, предложите два способа его получения. (10 баллов)

Решение. Оба иона, вероятнее всего, имеют оболочки инертных газов, по соотношению числа электронов подходят Ne ($Z = 10$) и Ar ($Z = 18$). Отношение 1.8 говорит о том, что у положительного иона 10 электронов, а у отрицательного – 18. Возможные ионы: Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cl^- , S^{2-} . Отношение зарядов ядер 0.75 соответствует MgS. ($Z(\text{Mg}) = 12$, $Z(\text{S}) = 18$).



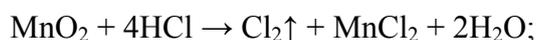
Ответ: сульфид магния MgS.

6. Определите строение неизвестного алкена А, если известно, что с осадком, полученным при взаимодействии 10.5 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, может прореагировать 250 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 1.6 моль/л, а при взаимодействии А с подкисленным раствором перманганата калия при нагревании образуется две карбоновые кислоты. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Реакция осадка с соляной кислотой:



$$v(\text{HCl}) = c \cdot V = 0.25 \cdot 1.6 = 0.4 \text{ моль};$$

тогда $v(\text{MnO}_2) = 0.1 \text{ моль}$.

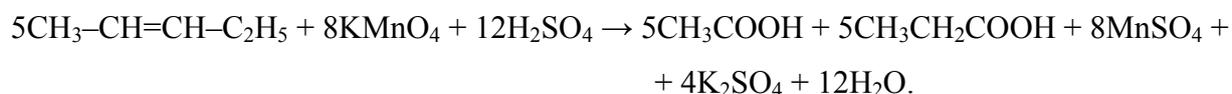
Из уравнения первой реакции получаем, что $\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.15$ моль.

Определим неизвестный алкен:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 10.5 / 0.15 = 70 \text{ г/моль},$$

$$14n = 70; n = 1.$$

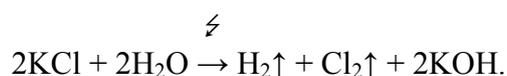
Алкен имеет формулу C_5H_{10} . Условию задачи отвечает пентен-2:



Ответ: пентен-2.

7. При электролизе (с диафрагмой) водного раствора хлорида калия получено 80 л 11.2 %-ного раствора едкого кали (плотность 1.14 г/мл). Какое количество (в кг) хлорида калия превратилось в КОН, если выход реакции составил 88 % от теоретического? (12 баллов)

Решение. Уравнение реакции процесса электролиза:



Масса исходного раствора составляла

$$m = 80 \cdot 10^3 \cdot 1.14 = 91200 \text{ г};$$

масса КОН в нем

$$m(\text{KOH}) = 91200 \cdot 1.14 = 10214 \text{ г}.$$

Так как выход составил 88%, то должно было образоваться

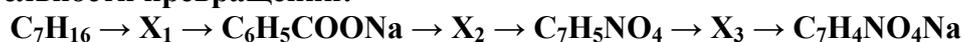
$$m(\text{KOH})_{\text{теор}} = 10214 / 0.88 = 11607 \text{ г}, \quad \nu(\text{KOH}) = \frac{11607}{56} = 207.3 \text{ моль}.$$

Так как $\nu(\text{KOH}) = \nu(\text{KCl})$, масса хлорида калия составляла

$$m(\text{KCl}) = 207.3 \cdot 74.5 = 15444 \text{ г} = 15.44 \text{ кг}.$$

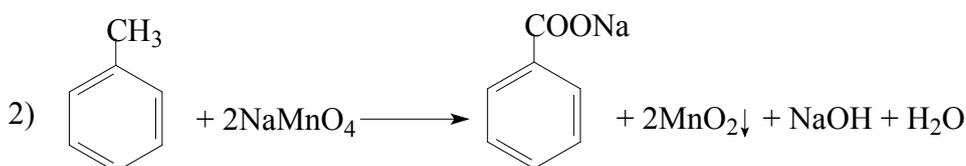
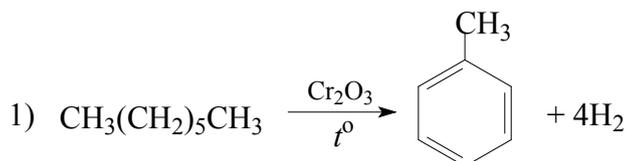
Ответ: 15.44 кг.

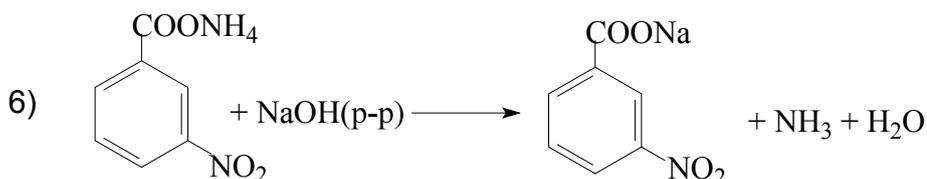
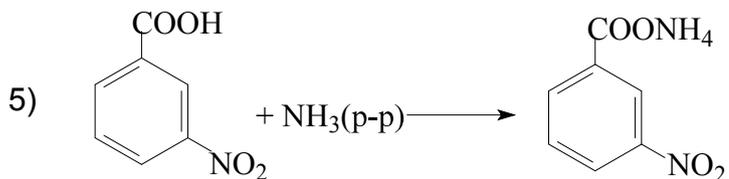
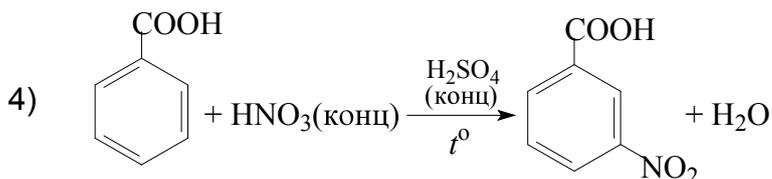
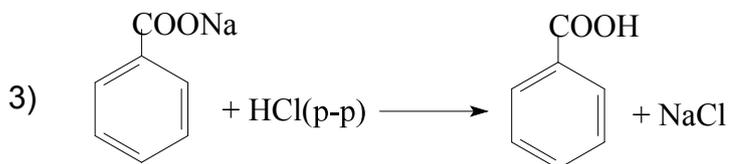
8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



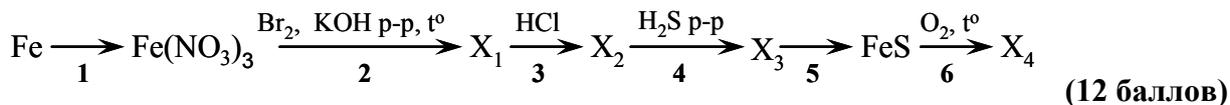
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение.





9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X_i – вещества, содержащие железо):



Решение:

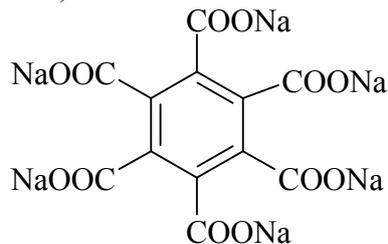
- 1) $\text{Fe} + 6\text{HNO}_3(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe(NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$;
- 2) $2\text{Fe(NO}_3)_3 + 3\text{Br}_2 + 16\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KNO}_3 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$;
- 3) $2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 4\text{KCl} + 4\text{H}_2\text{O}$;
- 4) $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S(p-p)} \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{S}\downarrow + 2\text{HCl}$;
- 5) $\text{FeCl}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S(p-p)} \rightarrow \text{FeS}\downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$;
- 6) $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2\uparrow$.

Ответ: X_1 – K_2FeO_4 ; X_2 – FeCl_3 ; X_3 – FeCl_2 ; X_4 – Fe_2O_3 .

10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

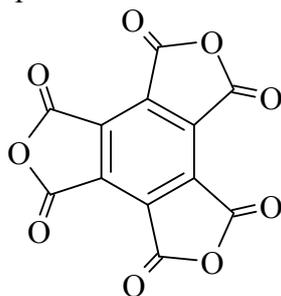
Решение. Соль Y образовалась при взаимодействии вещества X с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, X – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе X нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью

происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – Y:

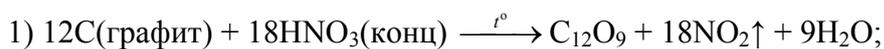


соль Y

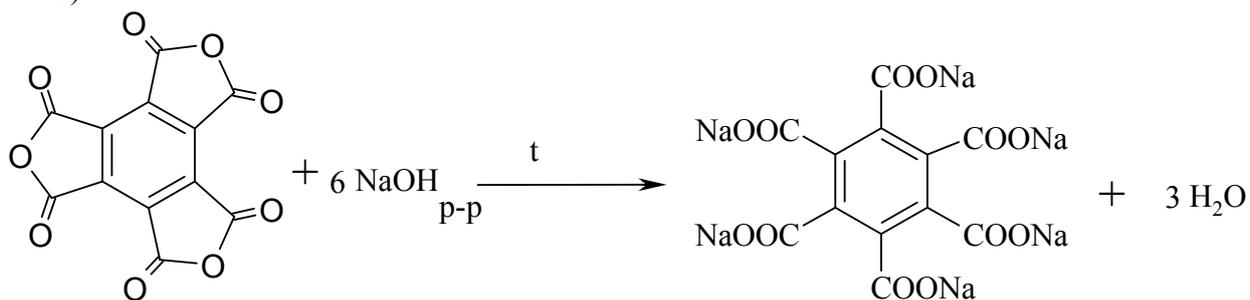
Соль Y образовалась из X – ангидрида меллитовой кислоты:



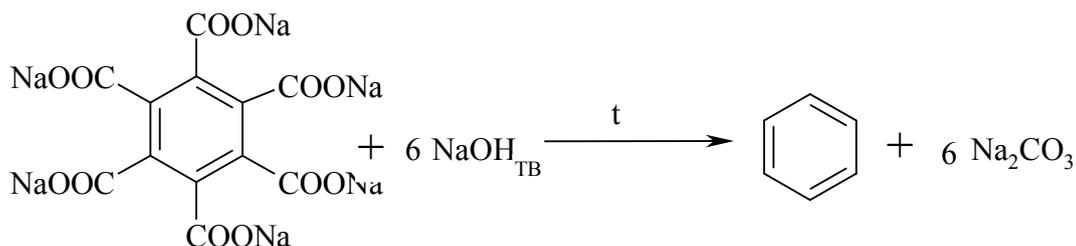
соединение X



2)



3)



2013/2014

ХИМИЯ ВАРИАНТЫ 10-11 КЛ ДЕКАБРЬ

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 5

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства хлороводорода. (6 баллов)

Ответ: а) $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$;

б) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$.

2. Молярный объем толуола равен $106.11 \text{ см}^3/\text{моль}$. Определите его плотность при данных условиях. (6 баллов)

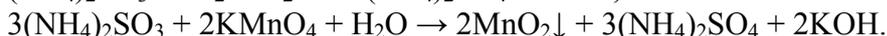
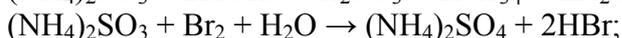
Решение. Толуол при рассматриваемых условиях – жидкость, судя по данному молярному объему. Его плотность

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M}{V_m} = \frac{92}{106.11} = 0.8670 \text{ г/см}^3.$$

Ответ: 0.8670 г/см³.

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: H₂SO₄, KOH, Br₂, KMnO₄? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из многих вариантов ответа – сульфит аммония (NH₄)₂SO₃:



Возможны и другие подходящие вещества: HI, (NH₄)₂S, Al₂S₃ и пр.

4. Для серы известны два соединения состава SXY₂ и SX₂Y₂. В первом соединении массовая доля серы составляет 26.89%, а элемента X – 13.45%. Установите неизвестные соединения и запишите уравнения их реакций с раствором щелочи. (8 баллов)

Решение. Поскольку в первом соединении один атом серы, можно рассчитать молярную массу этого вещества:

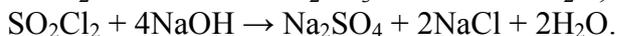
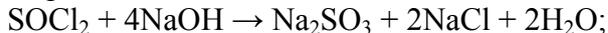
$$M = 32 / 0.2689 = 119 \text{ г/моль.}$$

Тогда масса X составляет

$$M(X) = 119 \cdot 0.1345 = 16 \text{ г/моль} - \text{это кислород.}$$

$$M(Y) = (119 - 32 - 16) / 2 = 35.5 \text{ г/моль} - \text{это хлор.}$$

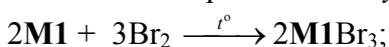
Неизвестные соединения – тионилхлорид SOCl₂ и сульфурилхлорид SO₂Cl₂. Их реакции с раствором щелочи:



Ответ: SOCl₂ и SO₂Cl₂.

5. В результате полного взаимодействия с парами брома при нагревании эквимольной смеси двух металлов образовалась смесь бромидов (степень окисления каждого из металлов равна +3) с массой, превышающей массу исходной смеси в 4.934 раза. Определите неизвестные металлы. (10 баллов)

Решение. Обозначим первый металл **M1**, а его молярную массу (г/моль) – x. Второй металл – **M2** с молярной массой y. Тогда реакции металлов с бромом:



Поскольку смесь металлов эквимольная, можно записать:

$$m(\text{солей}) = (x + 240) + (y + 240);$$

$$m(\text{металлов}) = x + y.$$

По условию
$$\frac{x + y + 480}{x + y} = 4.934,$$

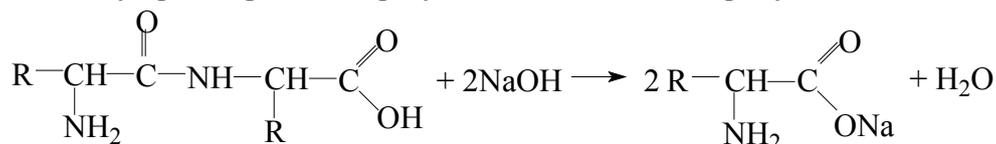
откуда $x + y = 122.$

Единственно возможная смесь: **M1** – хром ⁵²Cr, **M2** – галлий ⁷⁰Ga.

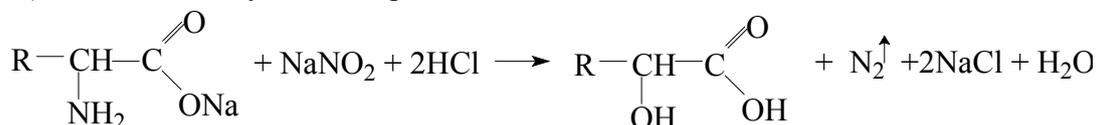
Ответ: Cr и Ga.

6. При щелочном гидролизе образца дипептида массой 12 г образовался единственный продукт, который обработали раствором, полученным при смешивании нитрита натрия и избытка соляной кислоты. При этом выделилось 3.74 л газа (измерено при 720 мм рт. ст. и 15°C). Определите строение дипептида и напишите уравнения всех реакций. (12 баллов)

Решение. Из условия понятно, что дипептид состоит из одинаковых аминокислотных остатков, поскольку при гидролизе образуется единственный продукт:



Рассмотрим самый простой случай, когда в радикале аминокислоты не содержится аминогрупп. Тогда реакция с нитритом натрия и соляной кислотой (т. е. с азотистой кислотой) выглядит следующим образом:



Рассчитаем количество выделившегося газа – азота. Для этого сначала переведем давление из мм рт. ст. в кПа:

$$p = \frac{720 \cdot 101.3}{760} = 96 \text{ кПа};$$

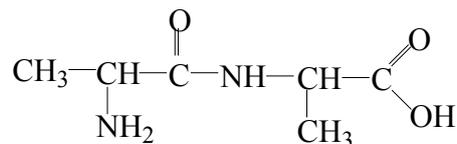
$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{96 \cdot 3.76}{8.314 \cdot 288} = 0.15 \text{ моль};$$

$$v(\text{дипептида}) = 0.5v(\text{N}_2) = 0.075 \text{ моль};$$

$$M(\text{дипептида}) = \frac{12}{0.075} = 160 = 2R + 130.$$

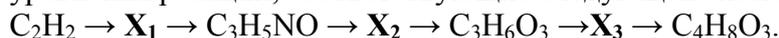
$$R = 15 \text{ г/моль},$$

следовательно, R – это CH₃, а дипептид – аланилаланин:



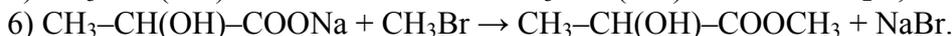
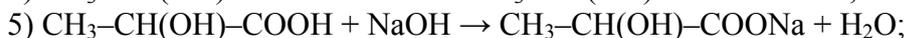
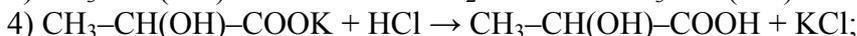
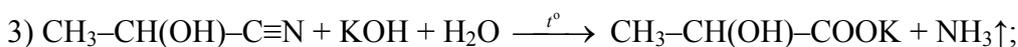
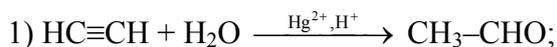
Ответ: аланилаланин.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



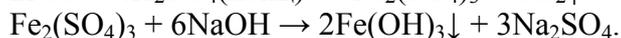
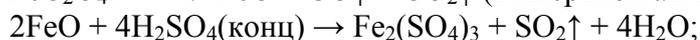
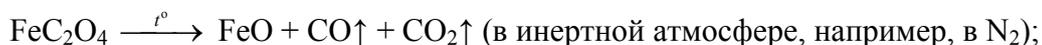
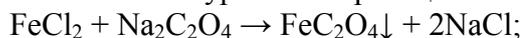
Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. К 250 г 10%-ного раствора хлорида железа(II) добавили стехиометрическое количество оксалата натрия. Осадок отделили от раствора и нагрели в инертной атмосфере до постоянной массы. Полученное твердое вещество растворили в 80%-ном растворе серной кислоты, после чего к раствору добавили избыток щелочи. Рассчитайте массу выпавшего осадка и напишите уравнения всех перечисленных реакций. (12 баллов)

Решение. Запишем уравнения реакций:



$$m(\text{FeCl}_2) = 250 \cdot 0.1 = 25 \text{ г};$$

$$v(\text{FeCl}_2) = m / M = 25 / 127 = 0.197 \text{ моль};$$

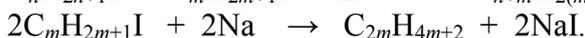
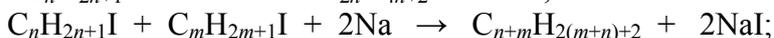
$$v(\text{Fe}(\text{OH})_3) = v(\text{FeCl}_2) = 0.197 \text{ моль};$$

$$m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = M \cdot \nu = 107 \cdot 0.197 = 21.08 \text{ г.}$$

Ответ: 21.08 г Fe(OH)₃.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов получили 6.6 г смеси газообразных при н. у. веществ также в эквимольных количествах и 45 г иодида натрия. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это иодпроизводные, обозначим их C_nH_{2n+1}I и C_mH_{2m+1}I. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):



Рассчитаем количество иодида натрия:

$$\nu(\text{NaI}) = \frac{45}{150} = 0.3 \text{ моль.}$$

По уравнениям реакций

$$\nu(\text{NaI}) = 2\nu(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$\nu(\text{алканов}) = 0.15 \text{ моль,}$$

и каждого из алканов образовалось 0.05 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

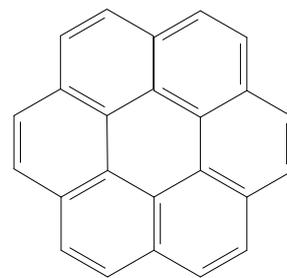
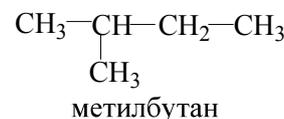
$$\begin{aligned} 6.6 / 0.05 &= 132 \text{ г/моль;} \\ (14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) &= 132; \\ 14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 &= 132; \\ 42(n + m) &= 126; \\ n + m &= 3. \end{aligned}$$

Это означает, что для реакции Вюрца были использованы иодметан CH₃I и иодэтан C₂H₅I.

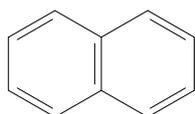
Ответ: CH₃I и C₂H₅I.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна группа CH, одна группа CH₂ и три группы CH₃. Вклады каждой из групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH₂ 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH₃. Тогда Q_{обр}(C₅H_{12(ж)}) = 9.2 + 25.5 + 3 · 48.5 = 180.2 кДж/моль.

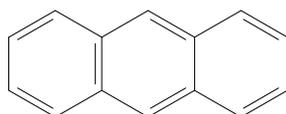
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину Q_{обр} для твердого коронена C₂₄H₁₂ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



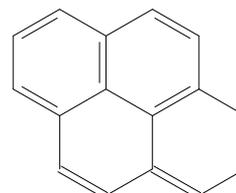
коронен



нафталин C₁₀H₈



антрацен C₁₄H₁₀



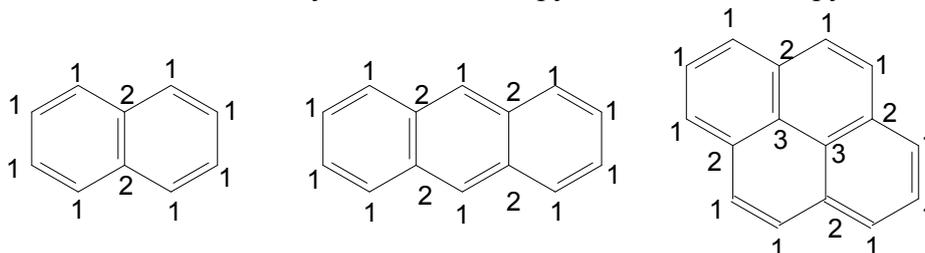
пирен C₁₆H₁₀

$$\begin{aligned} Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{тв})}) &= -78.0 \text{ кДж/моль, } Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -127.5 \text{ кДж/моль,} \\ Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{тв})}) &= -125.2 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

(14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода

(восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

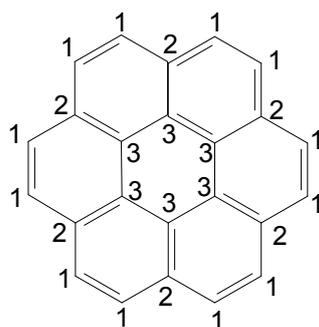


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронена. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



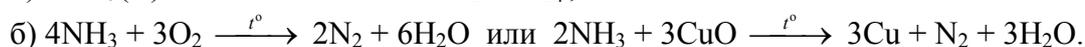
Вычислим теплоту образования коронена на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{ТВ})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: -170.1 кДж/моль.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 6

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства аммиака. (6 баллов)



2. Плотность глицерина составляет 1.261 г/см^3 . Рассчитайте его молярный объем при данных условиях. (6 баллов)

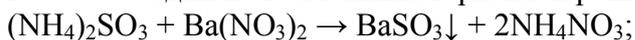
Решение. Глицерин в рассматриваемых условиях – жидкость, что следует из величины его плотности. Молярный объем связан с молярной массой и плотностью вещества:

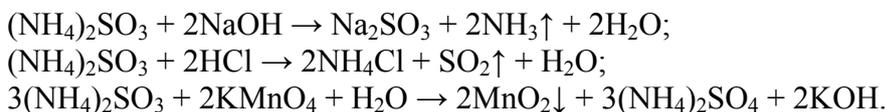
$$m = \rho V; \\ V_m = \frac{M}{\rho} = \frac{92}{1.261} = 72.958 \text{ см}^3/\text{моль.}$$

Ответ: $72.958 \text{ см}^3/\text{моль}$

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, NaOH , HCl , KMnO_4 ? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из возможных вариантов решения – сульфит аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$:





4. Для фосфора известны два соединения состава PX_3Y_4 и PX_3Y_3 . В первом соединении массовая доля фосфора составляет 31.63%, а элемента Y – 65.31%. Установите неизвестные соединения и запишите уравнения их реакций с раствором щелочи. (8 баллов)

Решение. Поскольку в первом соединении один атом фосфора, можно рассчитать молярную массу этого вещества:

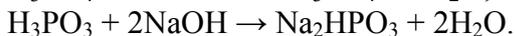
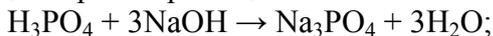
$$M = 31 / 0.3163 = 98 \text{ г/моль}.$$

Тогда масса Y составляет

$$M(\text{Y}) = 98 \cdot 0.6531 / 4 = 16 \text{ г/моль} - \text{это кислород}.$$

$$M(\text{X}) = (98 - 31 - 64) / 3 = 1 \text{ г/моль} - \text{это водород}.$$

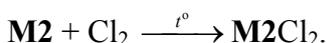
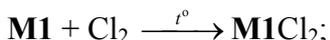
Неизвестные соединения – фосфорная H_3PO_4 и фосфористая H_3PO_3 кислоты. Их реакции с раствором щелочи:



Ответ: H_3PO_4 и H_3PO_3 .

5. В результате полного сжигания в атмосфере хлора эквимольной смеси двух металлов образовалась смесь хлоридов (степень окисления каждого из металлов равна +2) с массой, превышающей массу исходной смеси в 1.807 раза. Определите неизвестные металлы. (10 баллов)

Решение. Обозначим первый металл **M1**, а его молярную массу (г/моль) – x. Второй металл – **M2** с молярной массой y. Тогда реакции металлов с хлором:



Поскольку смесь металлов эквимольная, можно записать:

$$m(\text{солей}) = (x + 71) + (y + 71);$$

$$m(\text{металлов}) = x + y.$$

По условию
$$\frac{x + y + 142}{x + y} = 1.807,$$

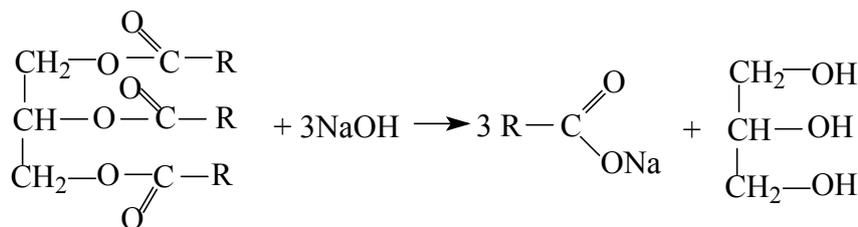
откуда $x + y = 176$.

Единственно возможная смесь: **M1** – медь ^{64}Cu , **M2** – кадмий ^{112}Cd .

Ответ: Cu и Cd.

6. Полное омыление 161.2 г жира привело к образованию единственной натриевой соли карбоновой кислоты массой 166.8 г. Приведите формулу жира и назовите соль. (12 баллов)

Решение. Из условия понятно, что жир образован тремя одинаковыми остатками жирных кислот (радикал в молекуле кислоты обозначим R). Реакция омыления жира:



Обозначим $M(\text{R}) = x$ (г/моль), тогда $M(\text{соли}) = x + 67$.

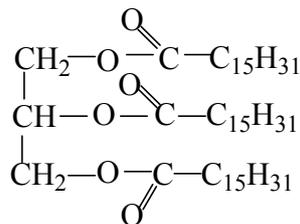
Количества соли и жира по условию:

$$v(\text{соли}) = \frac{166.8}{x + 67}; \quad v(\text{жира}) = \frac{161.2}{3x + 173}.$$

По уравнению реакции $v(\text{соли}) = 3v(\text{жира})$, отсюда

$$\frac{166.8}{x + 67} = 3 \cdot \frac{161.2}{3x + 173};$$

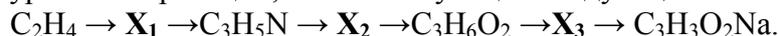
решив это уравнение, получим $x = 211$ г/моль. Тогда R – это $C_{15}H_{31}$. Жир построен из трех остатков пальмитиновой кислоты:



Образовавшаяся при гидролизе жира соль – пальмитат натрия $C_{15}H_{31}-COONa$.

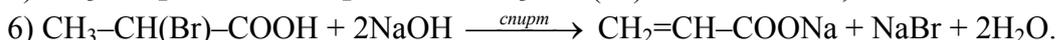
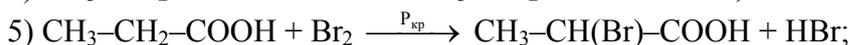
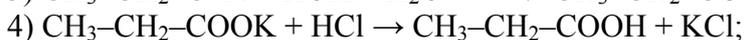
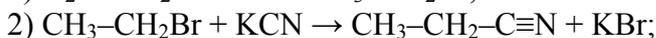
Ответ: В молекуле жира три остатка пальмитиновой кислоты; пальмитат натрия.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. Металл А реагирует с кислородом, образуя два различных соединения В и С. Оба вещества взаимодействуют с водой с образованием одного и того же соединения D. Массовая доля металла в соединении D составляет 80.12%. Определите неизвестные вещества и запишите уравнения реакций. (12 баллов)

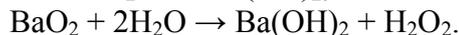
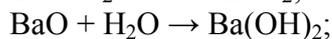
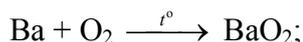
Решение. Из условия задачи очевидно, что А – активный металл (щелочной или щелочноземельный), дающий с кислородом оксид и пероксид, или пероксид и надпероксид. В любом случае, эти соединения при взаимодействии с водой образуют гидроксид (соединение D). Предположим, что А – одновалентный металл, тогда его гидроксид – АОН. По условию,

$$\omega(A) = \frac{M}{M + 17} = 0.8012,$$

тогда молярная масса металла $M = 68.5$ г/моль. Такого одновалентного металла нет. Предположим, что А – двухвалентный, тогда его гидроксид $A(OH)_2$, и

$$\frac{M}{M + 34} = 0.8012,$$

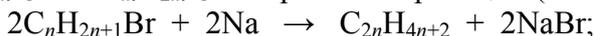
тогда молярная масса металла составляет 137 г/моль. Это – барий. Уравнения реакций:

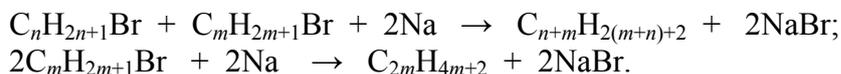


Ответ: Ba, BaO, BaO₂, Ba(OH)₂.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов получили 17.4 г смеси веществ также в эквимольных количествах и 61.8 г бромида натрия. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это бромпроизводные, обозначим их $C_nH_{2n+1}Br$ и $C_mH_{2m+1}Br$. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):





Рассчитаем количество бромида натрия:

$$v(\text{NaBr}) = \frac{61.8}{103} = 0.6 \text{ моль.}$$

По уравнениям реакций

$$v(\text{NaBr}) = 2v(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$v(\text{алканов}) = 0.3 \text{ моль,}$$

и каждого из алканов образовалось 0.1 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

$$17.4 / 0.1 = 174 \text{ г/моль;}$$

$$(14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) = 174;$$

$$14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 = 174;$$

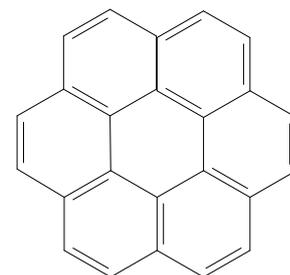
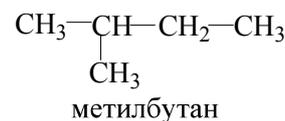
$$42(n + m) = 168;$$

$$n + m = 4.$$

Это означает, что для реакции Вюрца были использованы бромметан CH_3Br и бромпропан $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$.

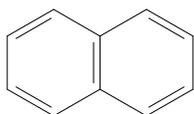
Ответ: CH_3Br и $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна группа CH , одна группа CH_2 и три группы CH_3 . Вклады каждой из групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH_2 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH_3 . Тогда $Q_{\text{обр}}(\text{C}_5\text{H}_{12(\text{ж})}) = 9.2 + 25.5 + 3 \cdot 48.5 = 180.2$ кДж/моль.

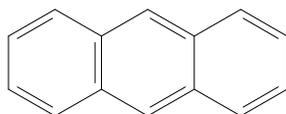


коронен

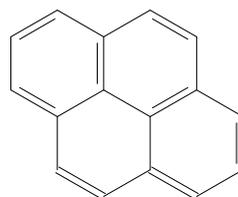
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину $Q_{\text{обр}}$ для твердого коронена $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



нафталин C_{10}H_8



антрацен $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$



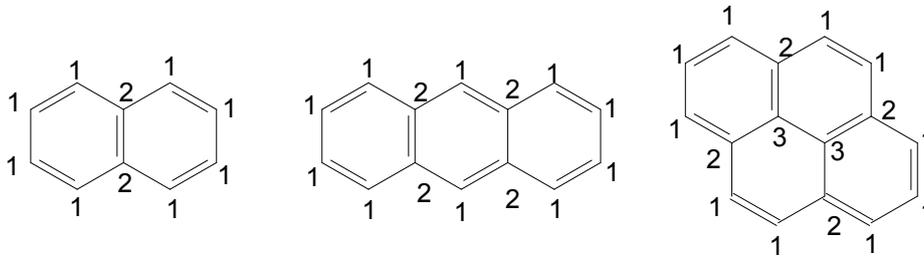
пирен $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{тв})}) = -78.0 \text{ кДж/моль, } Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -127.5 \text{ кДж/моль,}$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -125.2 \text{ кДж/моль.}$$

(14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода (восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

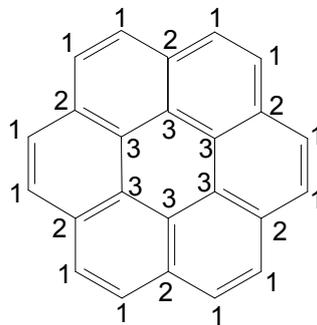


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронена. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



Вычислим теплоту образования коронена на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{ТВ})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: -170.1 кДж/моль.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 7

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства сероводорода. (6 баллов)

Ответ: а) $\text{Mg} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{MgS} + \text{H}_2$;

б) $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2(\text{изб.}) \xrightarrow{t^\circ} 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

2. Молярный объем многоатомного спирта равен $55.71 \text{ см}^3/\text{моль}$, а плотность 1.113 г/см^3 . Установите строение неизвестного спирта. (6 баллов)

Решение. Поскольку $m = \rho V$, можно рассчитать молярную массу спирта:

$$M = \rho \cdot V_m = 1.113 \cdot 55.71 = 62 \text{ г/моль.}$$

Возможная формула спирта $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$, при этом минимальное значение z составляет 2. Тогда спирт – $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ (этиленгликоль).

Ответ: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$.

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: KMnO_4 , HCl , NaOH , AlCl_3 ? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из возможных вариантов решения – $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.



Рассчитаем количество выделившегося газа – азота. Для этого сначала переведем давление из мм рт. ст. в кПа:

$$p = \frac{745 \cdot 101.3}{760} = 99.3 \text{ кПа};$$

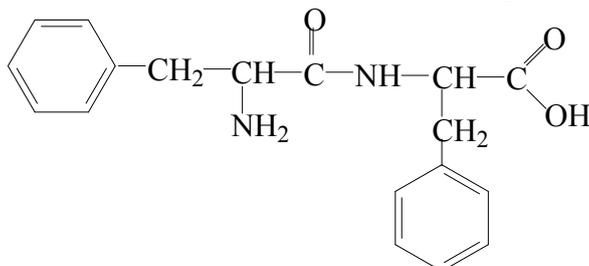
$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{99.3 \cdot 0.733}{8.314 \cdot 292} = 0.03 \text{ моль};$$

$$v(\text{дипептида}) = 0.5v(\text{N}_2) = 0.015 \text{ моль};$$

$$M(\text{дипептида}) = \frac{4.68}{0.015} = 312 = 2R + 130.$$

$$R = 91 \text{ г/моль},$$

следовательно, R – это $\text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_5$, а дипептид – фенилаланил-фенилаланин:



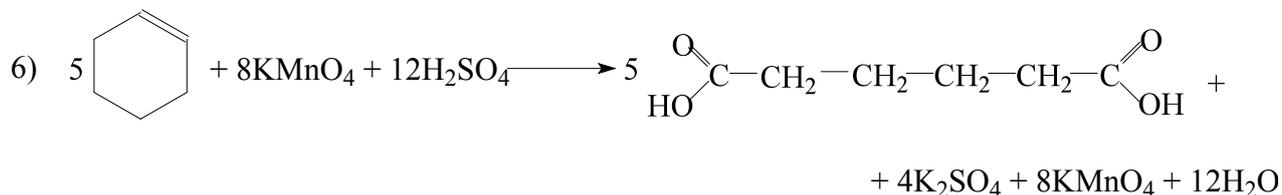
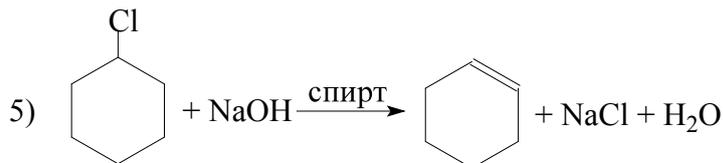
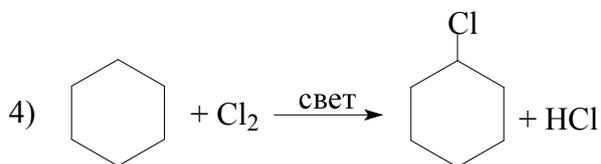
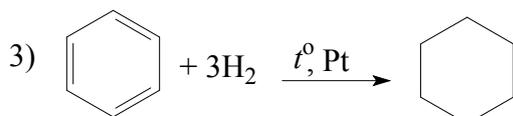
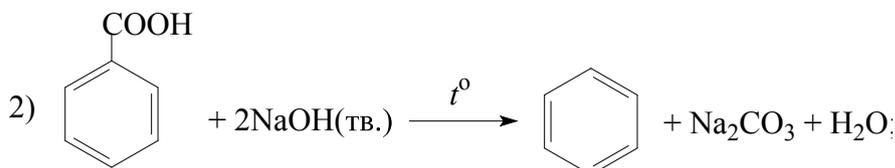
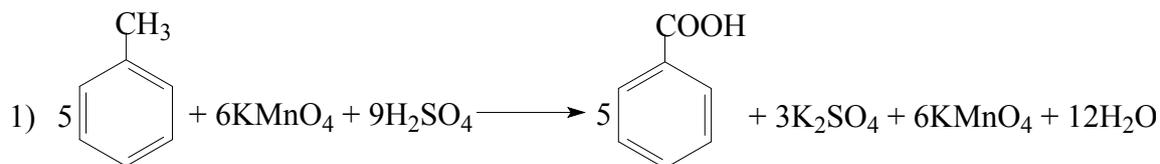
Ответ: фенилаланил-фенилаланин.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



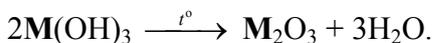
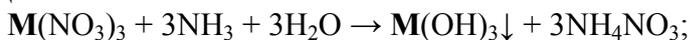
Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. Кристаллогидрат соли неизвестного металла состава $M(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ растворили в воде, а затем из раствора количественно осадили гидроксид, который выделили и прокалили до образования оксида. Определите, какой металл входил в состав кристаллогидрата, если известно, что из 1.0 г исходного вещества образуется 0.159 г оксида. (12 баллов)

Решение. Обозначим молярную массу неизвестного металла через x . Произошедшие реакции:



Количество оксида равно

$$v(M_2O_3) = \frac{0.159}{2x + 48};$$

количество кристаллогидрата

$$v(M(NO_3)_3 \cdot 6H_2O) = 2v(M_2O_3) = \frac{1}{x + 62 \cdot 3 + 6 \cdot 18} = \frac{1}{x + 294};$$

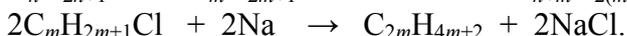
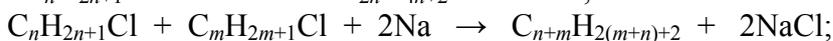
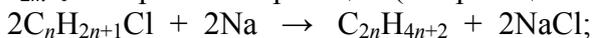
$$\frac{2 \cdot 0.159}{2x + 48} = \frac{1}{x + 294};$$

откуда $x = 27$ (г/моль). Металл – алюминий Al.

Ответ: алюминий.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов было получено 35.1 г хлорида натрия и 25.8 г смеси жидких при н. у. веществ также в эквимольных количествах. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это хлорпроизводные, обозначим их $C_nH_{2n+1}Cl$ и $C_mH_{2m+1}Cl$. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):



Рассчитаем количество хлорида натрия:

$$v(NaCl) = \frac{35.1}{58.5} = 0.6 \text{ моль.}$$

По уравнениям реакций

$$v(NaCl) = 2v(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$v(\text{алканов}) = 0.3 \text{ моль,}$$

и каждого из алканов образовалось 0.1 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

$$25.8 / 0.1 = 258 \text{ г/моль;}$$

$$(14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) = 258;$$

$$14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 = 258;$$

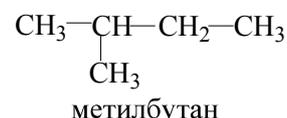
$$42(n + m) = 252;$$

$$n + m = 6.$$

Если мы выберем значения $n = 2$ и $m = 4$, это не будет соответствовать условию задачи (продукты реакции Вюрца должны быть жидкими при н.у., а бутан ($C_{2n}H_{4n+2}$) становится жидким ниже $0^\circ C$). Это означает, что $n = m = 3$, и для реакции Вюрца были использованы 1-хлорпропан C_3H_7Cl и 2-хлорпропан $CH_3-CHCl-CH_3$.

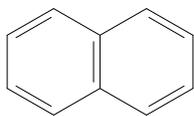
Ответ: 1-хлорпропан и 2-хлорпропан.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна группа CH , одна группа CH_2 и три группы CH_3 . Вклады каждой из

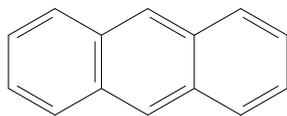


групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH_2 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH_3 . Тогда $Q_{\text{обр}}(\text{C}_5\text{H}_{12(\text{ж})}) = 9.2 + 25.5 + 3 \cdot 48.5 = 180.2$ кДж/моль.

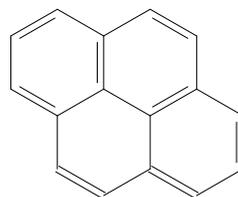
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину $Q_{\text{обр}}$ для твердого коронена $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



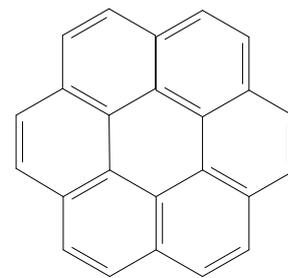
нафталин C_{10}H_8



антрацен $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$



пирен $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$

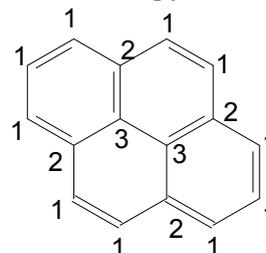
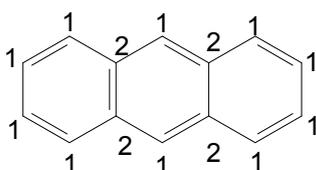
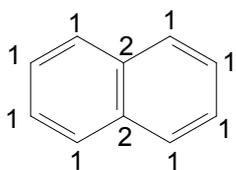


коронен

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{ТВ})}) = -78.0$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{ТВ})}) = -127.5$ кДж/моль,

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{ТВ})}) = -125.2$ кДж/моль. (14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода (восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

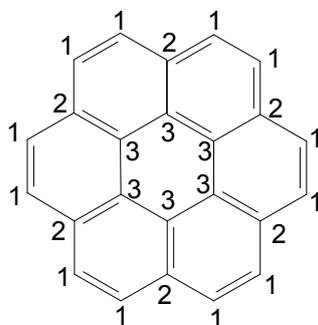


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронена. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



Вычислим теплоту образования коронена на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{ТВ})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: -170.1 кДж/моль.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 8

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства пероксида водорода. (6 баллов)

Ответ: а) $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;

б) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{O}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$.

2. Рассчитайте плотность этана при температуре 293 К и давлении 100 кПа. (6 баллов)

Решение. Этан – газ, воспользуемся формулой Клапейрона-Менделеева:

$$pV = \frac{m}{M}RT;$$

откуда

$$p = \frac{\rho RT}{M} \text{ и } \rho = \frac{pM}{RT} = \frac{100 \cdot 30}{8.314 \cdot 293} = 1.232 \text{ г/л.}$$

Ответ: 1.232 г/л.

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: KOH, AgNO₃, HI, KMnO₄? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из вариантов ответа – (NH₄)₂S:

$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$;

$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{HI} \rightarrow 2\text{NH}_4\text{I} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$;

$3(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 3\text{S}\downarrow + 2\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{KOH} + 6\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

4. Азот входит в состав двух соединений: N₂X₂Y₄ и N₂X₃Y₄. В первом соединении массовая доля азота равна 43.75%, а элемента X – 50.0%. Установите неизвестные соединения и запишите уравнения их реакций с раствором щелочи. (8 баллов)

Решение. Поскольку в первом соединении два атома азота, можно рассчитать молярную массу этого вещества:

$$M = 14 \cdot 2 / 0.4375 = 64 \text{ г/моль.}$$

Тогда масса X составляет

$M(\text{X}) = 64 \cdot 0.50 / 2 = 16 \text{ г/моль}$ – это кислород.

$M(\text{Y}) = (64 - 28 - 32) / 4 = 1 \text{ г/моль}$ – это водород.

Неизвестные соединения – нитрит аммония NH₄NO₂ и нитрат аммония NH₄NO₃. Их реакции с раствором щелочи:

$\text{NH}_4\text{NO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$;

$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

Ответ: NH₄NO₂ и NH₄NO₃.

5. В результате полного взаимодействия с парами иода при нагревании эквимольной смеси двух металлов образовалась смесь иодидов (степень окисления каждого из металлов равна +2) с массой, превышающей массу исходной смеси в 6.708 раза. Определите неизвестные металлы. (10 баллов)

Решение. Обозначим первый металл **M1**, а его молярную массу (г/моль) – x. Второй металл – **M2** с молярной массой y. Тогда реакции металлов с иодом:

$\text{M1} + \text{I}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{M1I}_2$;

$\text{M2} + \text{I}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{M2I}_2$.

Поскольку смесь металлов эквимольная, можно записать:

$$m(\text{солей}) = (x + 254) + (y + 254);$$

$$m(\text{металлов}) = x + y.$$

По условию

$$\frac{x + y + 508}{x + y} = 6.708,$$

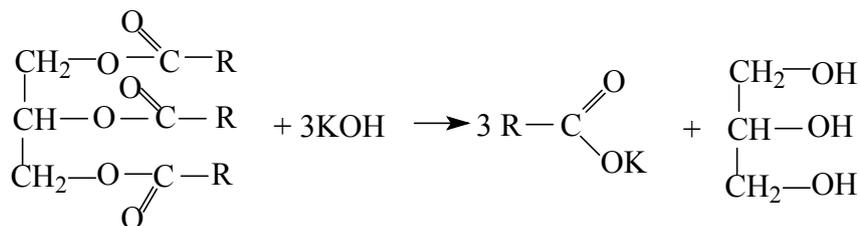
откуда $x + y = 89$.

Единственно возможная смесь: **M1** – магний ²⁴Mg, **M2** – цинк ⁶⁵Zn.

Ответ: Mg и Zn.

6. Полное омыление 88.4 г жира привело к образованию единственной калиевой соли карбоновой кислоты и 9.2 г глицерина. Приведите формулу жира и назовите соль. (12 баллов)

Решение. Из условия понятно, что жир образован тремя одинаковыми остатками жирных кислот (радикал в молекуле кислоты обозначим R). Реакция омыления жира:



Обозначим $M(\text{R}) = x$ (г/моль), тогда $M(\text{жира}) = 3x + 173$.

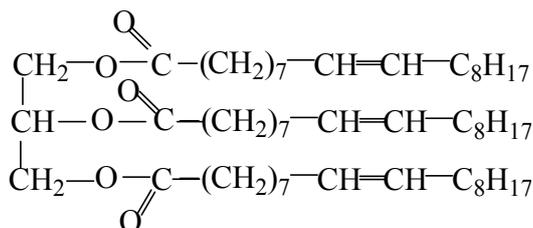
Количества глицерина и жира по условию:

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \frac{9.2}{92} = 0.1 \text{ моль}; \quad \nu(\text{жира}) = \frac{88.4}{3x + 173}.$$

По уравнению реакции $\nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \nu(\text{жира})$, отсюда

$$\frac{88.4}{3x + 173} = 0.1;$$

решив это уравнение, получим $x = 237$ г/моль. Тогда R – это $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$. Жир построен из трех остатков олеиновой кислоты:



Образовавшаяся при гидролизе жира соль – олеат калия $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{—COOK}$.

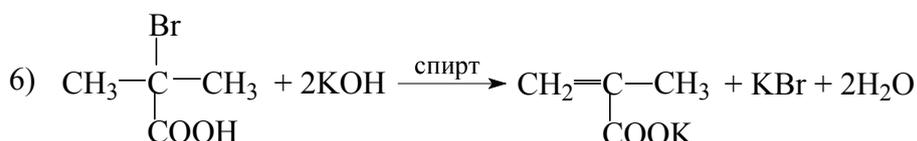
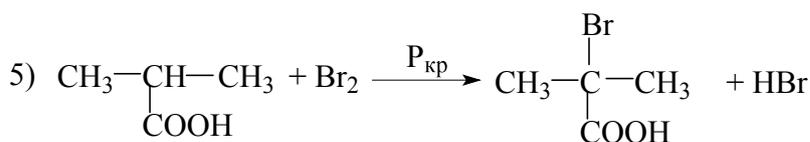
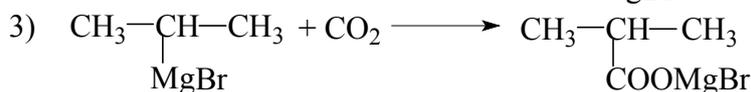
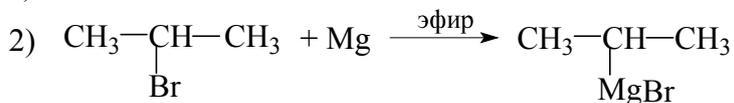
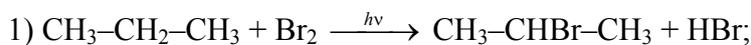
Ответ: В молекуле жира три остатка олеиновой кислоты; олеат калия.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



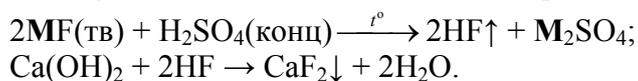
Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. При действии концентрированной серной кислоты на 18.2 г твердого фторида щелочного металла выделился газ, при пропускании которого через известковую воду образовалось 27.3 г осадка. Определите неизвестный металл, запишите уравнения реакций. (12 баллов)

Решение. Пусть неизвестный металл – **M**. Уравнения реакций:



Осадок – это фторид кальция, его количество

$$v(\text{CaF}_2) = m / M = 27.3 / 78 = 0.35 \text{ моль},$$

$$v(\text{MF}) = 2v(\text{CaF}_2) = 0.35 \cdot 2 = 0.7 \text{ моль},$$

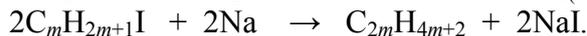
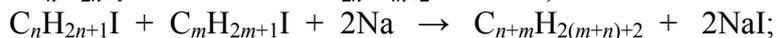
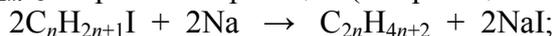
$$M(\text{MF}) = 18.2 / 0.7 = 26 \text{ г/моль}.$$

Неизвестный металл – литий: $M(\text{M}) = 26 - 19 = 8 \text{ г/моль}$.

Ответ: LiF.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов было получено 30 г иодида натрия и 7.2 г смеси веществ также в эквимольных количествах. Каждое из этих веществ образует только одно монохлорпроизводное. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это иодпроизводные, обозначим их $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{I}$ и $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{I}$. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):



Рассчитаем количество иодида натрия:

$$v(\text{NaI}) = \frac{30}{150} = 0.2 \text{ моль}.$$

По уравнениям реакций

$$v(\text{NaI}) = 2v(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$v(\text{алканов}) = 0.1 \text{ моль},$$

и каждого из алканов образовалось 0.033 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

$$7.2 / 0.033 = 216 \text{ г/моль};$$

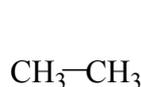
$$(14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) = 216;$$

$$14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 = 210;$$

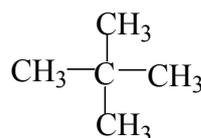
$$42(n + m) = 126;$$

$$n + m = 5.$$

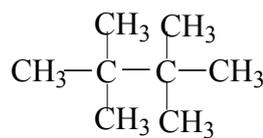
Это означает, что для реакции Вюрца были использованы иодметан CH_3I и 2-иод-2-метилпропан $\text{C}_4\text{H}_9\text{I}$. Действительно, в этом случае в результате реакций Вюрца образуются следующие соединения:



этан



2,2-диметилпропан

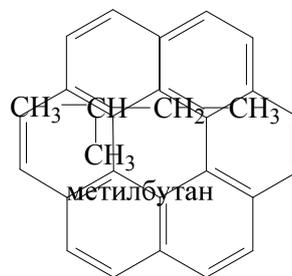


2,2,3,3-тетраметилбутан

Каждое из этих веществ при хлорировании образует только одно монохлорпроизводное.

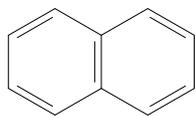
Ответ: иодметан и 2-иод-2-метилпропан.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна

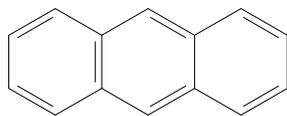


группа CH , одна группа CH_2 и три группы CH_3 . Вклады каждой из групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH_2 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH_3 . Тогда $Q_{\text{обр}}(\text{C}_5\text{H}_{12(\text{ж})}) = 9.2 + 25.5 + 3 \cdot 48.5 = 180.2$ кДж/моль.

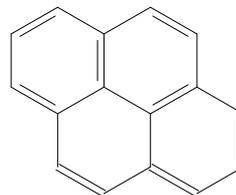
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину $Q_{\text{обр}}$ для твердого коронана $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



нафталин C_{10}H_8



антрацен $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$

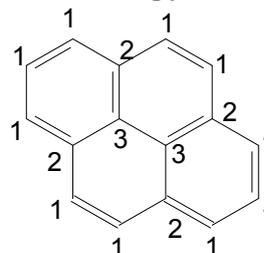
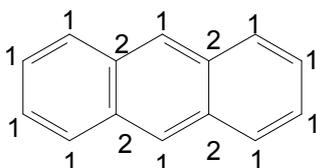
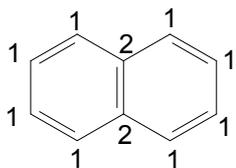


пирен $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{ТВ})}) = -78.0$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{ТВ})}) = -127.5$ кДж/моль,

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{ТВ})}) = -125.2$ кДж/моль. (14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода (восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

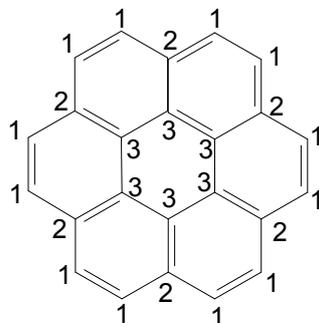


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронана. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



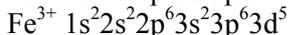
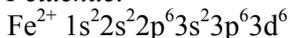
Вычислим теплоту образования коронана на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{ТВ})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

2013/2014
РЕШЕНИЯ ХИМИЯ 10-11 классы ЯНВАРЬ
Вариант 9

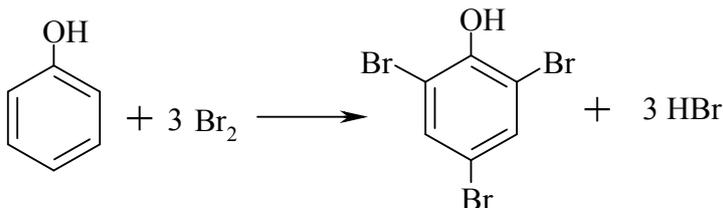
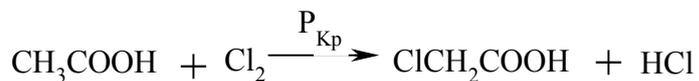
1. Напишите электронную конфигурацию для ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . (4 балла)

Решение:



2. Напишите уравнение реакции, в результате которой из слабой кислоты образуются две более сильные кислоты. (4 балла)

Решение:

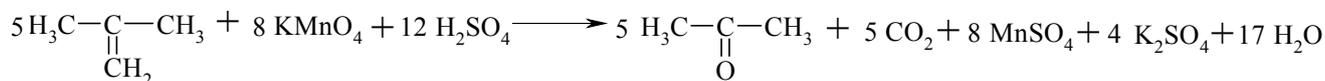


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных спиртов, при дегидратации которых образуется один и тот же алкен, окисление которого перманганатом калия в кислой среде дает только один органический продукт – ацетон. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли хлора равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли хлора равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) LiCl и SiCl_4 ; MgCl_2 и TiCl_4 ; SO_2Cl_2 и CuCl_2 ; FeCl_2 и CaOCl_2 .

б) $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ и $\text{C}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$, $\text{C}_n\text{H}_n\text{Cl}_n$, а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 3.60 г, содержащий 93.33% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углеводе. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 1.30 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

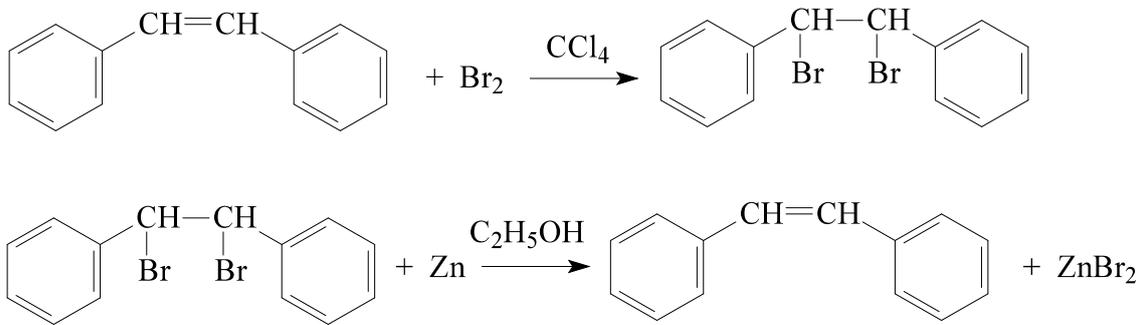
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-16}$.

2. $\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{дибромида}) = \nu(\text{алкена}) = 0,02$ моль

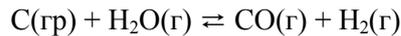
3. $M(\text{алкена}) = 180$ г/моль.

4. Алкен – дифенилэтилен $\text{C}_{14}\text{H}_{12}$ (симметричный или несимметричный).

5. Уравнения:



6. Водяной пар пропускают над раскалённым углём при температуре 1000 К. Константа равновесия реакции



при 1000 К равна $K = 2.52$ бар. Считая, что при этих условиях протекает только указанная реакция, рассчитайте равновесные давления H_2O , CO и H_2 при общем давлении 1 бар. (12 баллов)

Решение:

Пусть равновесное давление CO и H_2 равно x бар. Поскольку по условию общее давление равно 1 бар, то равновесное давление H_2O равно $(1 - 2x)$ бар.

Константа равновесия равна

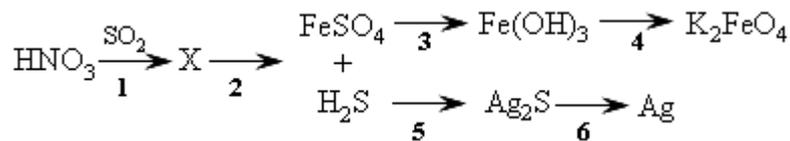
$$K_p = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2}}{p_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{x \cdot x}{1 - 2x} = 2.52,$$

откуда $x = 0.458$.

Следовательно, равновесные давления CO и H_2 равны 0.458 бар, а равновесное давление H_2O равно 0.084 бар.

Ответ: $p(\text{H}_2\text{O}) = 0.084$ бар, $p(\text{CO}) = 0.458$ бар, $p(\text{H}_2) = 0.458$ бар.

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее серу):

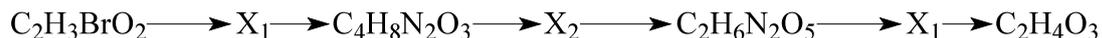


(12 баллов)

Решение:

- $2\text{HNO}_3(\text{разб}) + 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}$ или $(2\text{HNO}_3(\text{конц}) + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}_2)$
- $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб}) + \text{FeS} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$
- $2\text{FeSO}_4 + 4\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4$
- $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{KOH} + 3\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$
- $3\text{H}_2\text{S} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (или $\text{H}_2\text{S} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} \downarrow + 2\text{HNO}_3$)
- $\text{Ag}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Ag} + \text{SO}_2$
X = H_2SO_4

8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:

1. $\text{BrCH}_2\text{COOH} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Br}$
2. $2\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{H}_2\text{NCH}_2\text{C}(\text{O})\text{NHCH}_2\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{C}(\text{O})\text{NHCH}_2\text{COOH} + 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Cl}^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH}$
4. $\text{Cl}^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + \text{AgNO}_3 \longrightarrow \text{NO}_3^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + \text{AgCl}$
5. $\text{NO}_3^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} + \text{NaNO}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{HOCH}_2\text{COOH} + \text{N}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

9. При взаимодействии простых веществ А и В, находящихся в одной группе периодической системы, образуется газ С. Пропускание этого газа через избыток раствора NaOH приводит к образованию раствора соли D, обесцвечивающего раствор KMnO_4 , подкисленный серной кислотой. При кипячении раствора соли D с веществом В получается раствор соли E, которую можно выделить из раствора в виде пентагидрата. Полученные кристаллы (4.96 г) полностью обесцвечивают раствор бромной воды, содержащий 12.8 г брома (подтвердите расчетом). Определите вещества А-Е. Напишите все реакции, укажите условия их проведения. (12 баллов)

Решение: Очевидно, что А – это O_2 , В – S.

1. $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{SO}_2$, газ С – SO_2
 2. $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH}_{(\text{изб})} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, соль D – Na_2SO_3
 3. $2\text{KMnO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 4. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \xrightarrow{t^\circ_{\text{кип.}}} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, соль E – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
 5. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Br}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$
(или $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Br}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaHSO}_4 + 8\text{HBr}$
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Br}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaBr} + 6\text{HBr}$)
- Проверим, правильно ли определили соль E.
 $\nu(\text{Br}_2) = 12.8/160 = 0.08$ моль, следовательно $\nu(\text{E}) = 0.02$ моль, $\nu(\text{E} \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0.02$ моль.
 $M(\text{E} \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 4.96/0.02 = 248$ г/моль, $M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 248$ г/моль.
 Следовательно соль E – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. (16 баллов)

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO.}$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. $m(M_zO_v) = m(\text{смеси конечн}) -$

$$m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(\text{M}) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(\text{M}_2\text{O}_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(\text{M}) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(\text{O}) = m(\text{M}_2\text{O}_v) - m(\text{M}) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(\text{O}) = m(\text{O})/M(\text{O}) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(\text{M}) : n(\text{O}) = m(\text{M})/M(\text{M}) : 0.3 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$\text{M}_2\text{O} \quad 2 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3 \quad \rightarrow \quad \text{M} = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$\text{MO} \quad 1 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3 \quad \rightarrow \quad \text{M} = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$\text{M}_2\text{O}_3 \quad 2/3 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3 \quad \rightarrow \quad \text{M} = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо } \text{Fe}_2\text{O}_3.$$

Итак, $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1 \text{ моль}$

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$$n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль}$$

количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS_2 : $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль}$, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$ – это может быть только Cu_2S 0.1 моль.

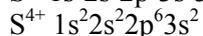
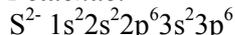
В исходной смеси было 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Ответ: 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S

Вариант 10

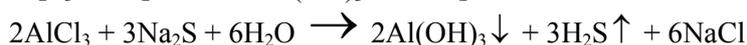
1. Напишите электронную конфигурацию для ионов S^{2-} и S^{4+} . (4 балла)

Решение:



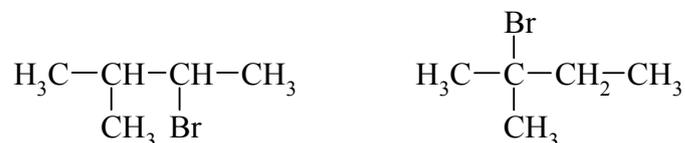
2. Напишите уравнение реакции, в результате которой образуются кислота и основание. (4 балла)

Решение:

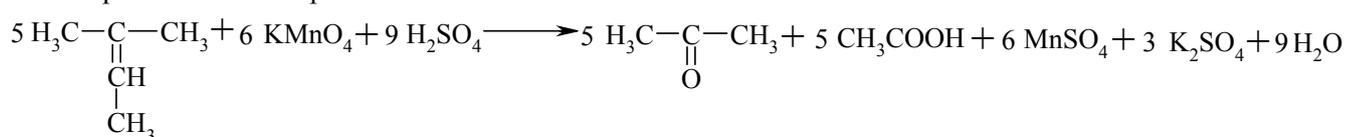


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных бромалканов, при дегидробромировании которых образуется один и тот же алкен. Присоединением бромоводорода к алкену могут быть получены оба бромалкана. Окисление алкена перманганатом калия в кислой среде дает уксусную кислоту. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли углерода равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли углерода равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) NaHCO_3 и MgCO_3 ; KHCO_3 и CaCO_3 .

б) C_nH_{2n} ; C_2H_2 и C_6H_6 ; $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ и т.д., а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 3.96 г, содержащий 90.91% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углероде. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 1.95 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

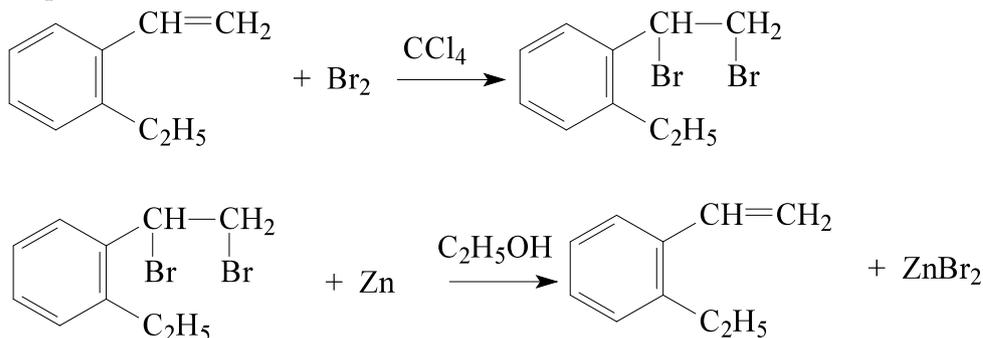
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-8}$.

2. $\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{дибромида}) = \nu(\text{алкена}) = 0,03 \text{ моль}$

3. $M(\text{алкена}) = 132 \text{ г/моль}$.

4. Алкен – *o*-этилфенилэтилен C_9H_{10} или другие изомеры.

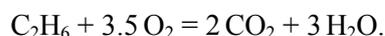
5. Уравнения:



6. Какой минимальный объем этана (измеренный при 25 °С и 1 атм) необходимо сжечь, чтобы нагреть 1 л воды от 25 °С до кипения? Теплоты образования диоксида углерода, воды и этана равны 393.5 кДж/моль, 285.8 кДж/моль и 84.68 кДж/моль соответственно. Теплоемкость воды примите равной 4.184 Дж/К·г. (12 баллов)

Решение

Уравнение сгорания этана:



Тепловой эффект реакции сгорания:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{р-ции}} &= 2Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 3Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_6) = \\
 &= 2 \cdot 393.5 + 3 \cdot 285.8 - 84.68 = 1559.72 \text{ кДж/моль}.
 \end{aligned}$$

Теплота, необходимая для нагревания 1000 г воды от 25 °С до 100 °С:

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T = 1000 \text{ г} \cdot 4.184 \text{ Дж/К} \cdot \text{г} \cdot 75 \text{ К} = 313800 \text{ Дж} = 313.8 \text{ кДж}.$$

Количество моль этана:

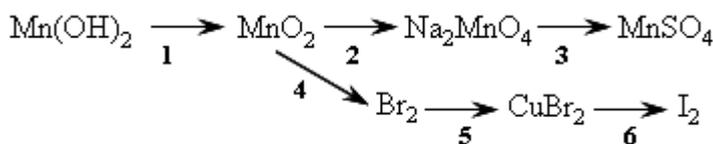
$$n = Q / Q_{\text{р-ции}} = 313.8 / 1559.72 = 0.201 \text{ моль}.$$

Объем этана:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{0.201 \cdot 8.314 \cdot 298}{101.3} = 4.92 \text{ л}.$$

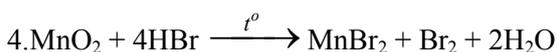
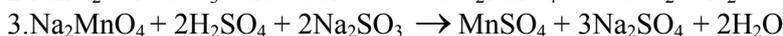
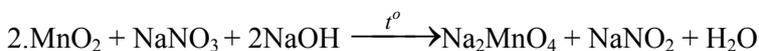
Ответ: 4.92 л.

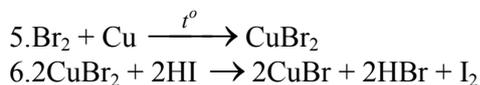
7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения



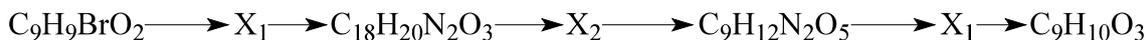
(12 баллов)

Решение:



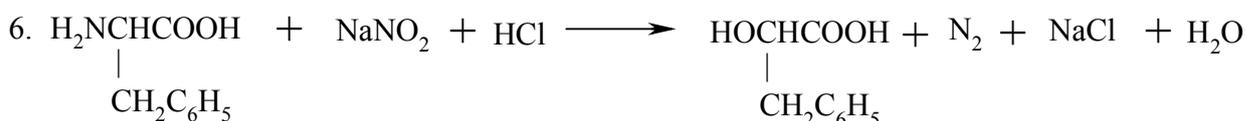
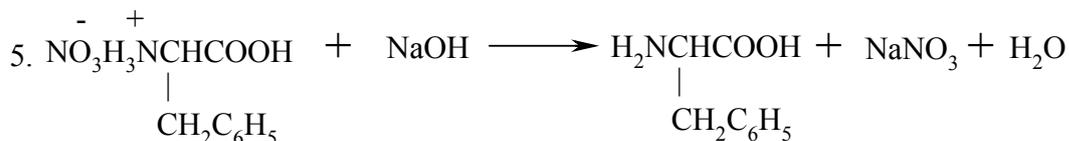
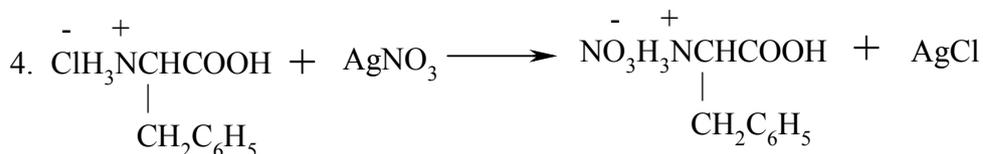
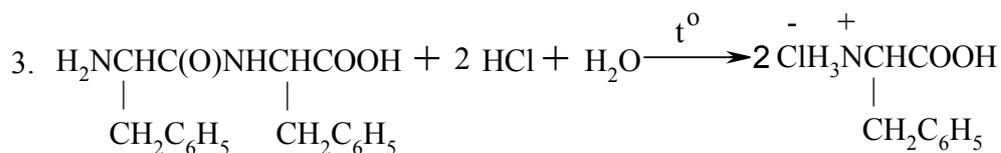
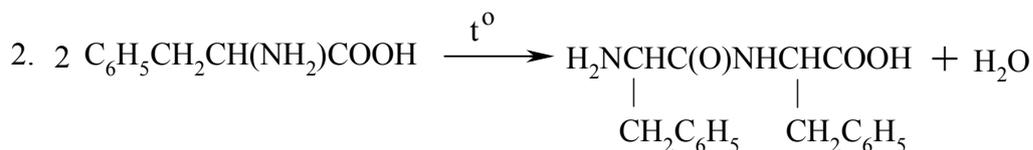
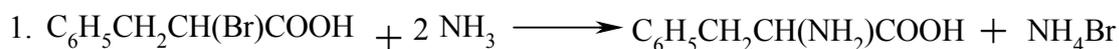


8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



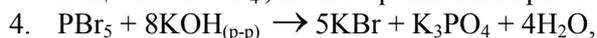
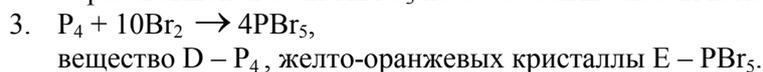
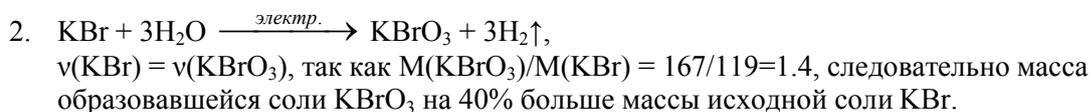
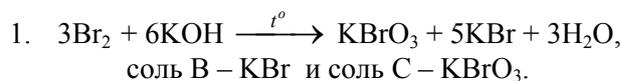
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:



9. При взаимодействии простого вещества А с горячим раствором КОН образуются соли В и С, причем соль С выпадает при охлаждении в виде осадка. Соль С можно получить также электролизом водного раствора соли В без диафрагм, при этом масса получившейся соли С больше массы соли В на 40% (подтвердите расчетом). Взаимодействие избытка простого вещества А с белым мягким веществом D приводит образованию желто-оранжевых кристаллов E, которые реагируют с раствором КОН с образованием солей В и F. При сгорании вещества D в большом количестве кислорода образуется оксид G, взаимодействие которого с раствором КОН также приводит к образованию соли F. Определите вещества А – G. Напишите все реакции, укажите условия их проведения. (12 баллов)

Решение: Очевидно, что А – это Br₂.



- соль В – KBr и соль F – KPO₄.
5. $P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$ (P₂O₅),
оксид G – P₄O₁₀.
6. $P_2O_5 + 6KOH \rightarrow 2K_3PO_4 + 3H_2O$,
соль F – K₃PO₄.
- Ответ: А – Br₂, В – KBr, С – KBrO₃, D – P₄, E – PBr₅, F – K₃PO₄, G – P₄O₁₀.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. **(16 баллов)**

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M₂O, MO, M₂O₃, MO₂. Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO.}$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. $m(M_zO_v) = m(\text{смеси конечн}) - m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(M) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(M_zO_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(M) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(O) = m(M_zO_v) - m(M) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(O) = m(O)/M(O) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(M) : n(O) = m(M)/M(M) : 0.3 = 11.2/M(M) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M₂O, MO, M₂O₃, MO₂. Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$M_2O_3 \quad 2/3 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо Fe}_2\text{O}_3.$$

$$\text{Итак, } n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1 \text{ моль}$$

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$$n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль}$$

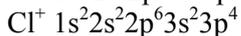
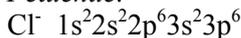
количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS₂: $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль}$, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$ – это может быть только Cu₂S 0.1 моль.

В исходной смеси было 0.2 моль FeS₂ и 0.1 моль Cu₂S.

Ответ: 0.2 моль FeS₂ и 0.1 моль Cu₂S.

1. Напишите электронную конфигурацию для ионов Cl^- и Cl^+ . (4 балла)

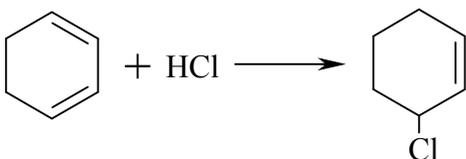
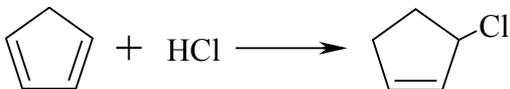
Решение:



2. Предложите структурную формулу сопряженного диена, который дает один и тот же продукт как при 1,2-, так и при 1,4-присоединении хлороводорода. Напишите уравнения реакций. (4 балла)

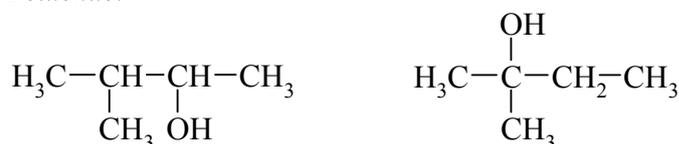
Решение:

Возможные варианты:

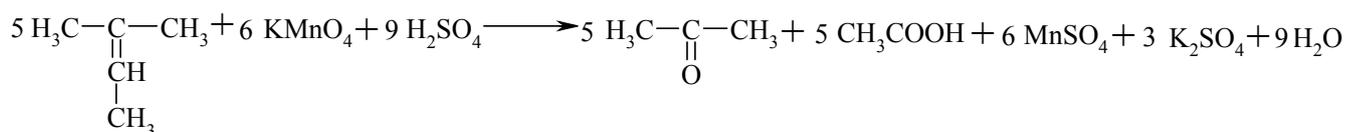


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных спиртов, при дегидратации которых образуется один и тот же алкен, окисление которого перманганатом калия в кислой среде дает ацетон и уксусную кислоту. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли водорода равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли водорода равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) H_2S и H_2O_2 ; LiH , N_2H_4 , SiH_4

б) C_nH_{2n} ; C_2H_2 и C_6H_6 ; $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$, а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 3.12 г, содержащий 92.31% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углероде. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 1.95 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

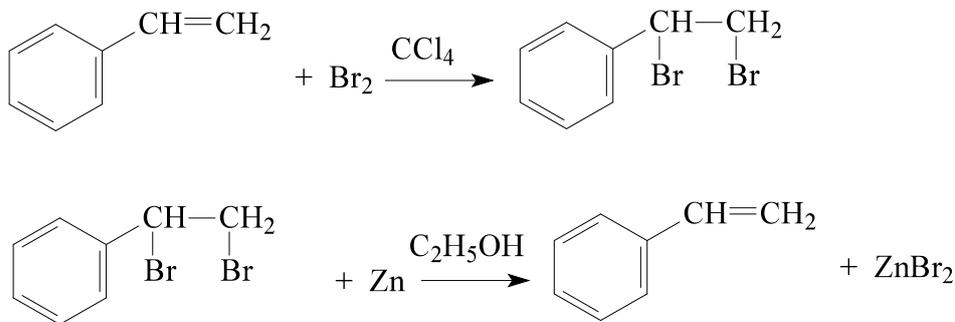
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула C_nH_n .

2. $\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{дибромида}) = \nu(\text{алкена}) = 0,03$ моль

3. $M(\text{алкена}) = 104$ г/моль.

4. Алкен – фенилэтилен C_8H_8

5. Уравнения:



6. При взаимодействии 31 г белого фосфора с хлором образовалась смесь хлорида фосфора (III) и хлорида фосфора (V) и выделилось 353 кДж теплоты. Рассчитайте состав образовавшейся смеси в мольных процентах, если теплоты образования хлорида фосфора (III) и хлорида фосфора (V) равны соответственно 287 кДж/моль и 375 кДж/моль. (12 баллов)

Решение:

Количество фосфора равно 1 моль.

Пусть количество PCl_3 равно x моль, тогда количество PCl_5 равно $(1 - x)$ моль.

Количество выделившейся теплоты равно

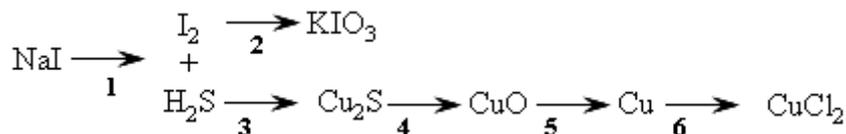
$$287x + 375(1 - x) = 353,$$

откуда $x = 0.25$ моль.

Следовательно, $\omega(\text{PCl}_3) = 25\%$, $\omega(\text{PCl}_5) = 75\%$.

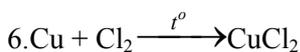
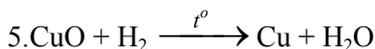
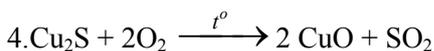
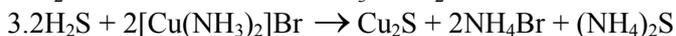
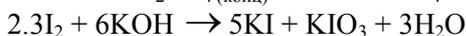
Ответ: $\omega(\text{PCl}_3) = 25\%$, $\omega(\text{PCl}_5) = 75\%$.

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения

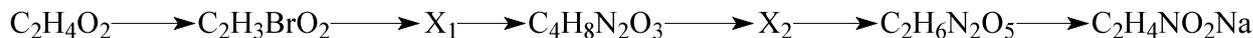


(12 баллов)

Решение:

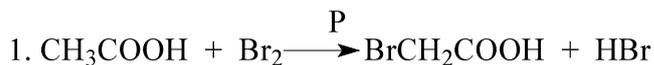


8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

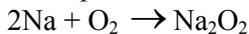
Решение:



9. Металлический натрий был полностью сожжен в кислороде, при этом масса образовавшегося вещества оказалась на 69.5% больше массы взятого натрия. При осторожном растворении 1.56 г образовавшегося продукта в подкисленном серной кислотой растворе иодида калия образовался раствор буро-коричневого цвета. Какой объем раствора тиосульфата натрия с концентрацией 0.5 моль/л потребуются для полного обесцвечивания этого раствора? (12 баллов)

Решение:

При сжигании Na в кислороде в зависимости от условий могут образовываться разные кислородные соединения натрия. Вероятно, образовался Na_2O_2 , подтвердим это расчетом.



Пусть прореагировал 1 моль Na, тогда Na_2O_2 образовалось 0.5 моль.

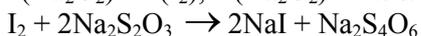
Обозначим молекулярную массу образовавшегося соединения x.

$$\text{Тогда } 1.695 \cdot M(\text{Na}) = 0.5x$$

$2 \cdot 1.695 \cdot M(\text{Na}) = x$, $x = 78 \text{ г/моль} = M(\text{Na}_2\text{O}_2)$, следовательно, предположение верно, образовался Na_2O_2 .



$$v(\text{Na}_2\text{O}_2) = v(\text{I}_2), \quad v(\text{Na}_2\text{O}_2) = 1.56/78 = 0.02 \text{ моль}, \quad v(\text{I}_2) = 0.02 \text{ моль}.$$



$$v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 2v(\text{I}_2) = 0.04 \text{ моль}. \quad V(\text{р-ра}) = v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/c = 0.04/0.5 = 0.08 \text{ л} = 80 \text{ мл}.$$

Ответ: $V(\text{р-ра}) = 80 \text{ мл}$.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. (16 баллов)

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO}.$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

$$\text{Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. } m(M_2O_v) = m(\text{смеси конечн}) - m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(M) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(M_2O_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(M) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(O) = m(M_2O_v) - m(M) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(O) = m(O)/M(O) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(M) : n(O) = m(M)/M(M) : 0.3 = 11.2/M(M) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$M_2O_3 \quad 2/3 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо } \text{Fe}_2\text{O}_3.$$

Итак, $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1$ моль

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$n(\text{Fe}) = 0.2$ моль

$n(\text{Cu}) = 0.2$ моль

$n(\text{S}) = 0.5$ моль

количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS_2 : $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2$ моль. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1$ моль, $n(\text{Cu}) = 0.2$ моль – это может быть только Cu_2S 0.1 моль.

В исходной смеси было 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Ответ: 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Вариант 12

1. Напишите электронную конфигурацию для ионов S^{2-} и S^{6+} . (4 балла)

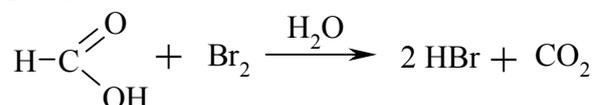
Решение:

$\text{S}^{2-} 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

$\text{S}^{6+} 1s^2 2s^2 2p^6$

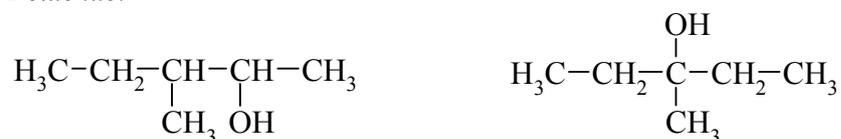
2. Изобразите структурную формулу простейшей карбоновой кислоты, которая реагирует с бромной водой. Напишите уравнение реакции. (4 балла)

Решение:

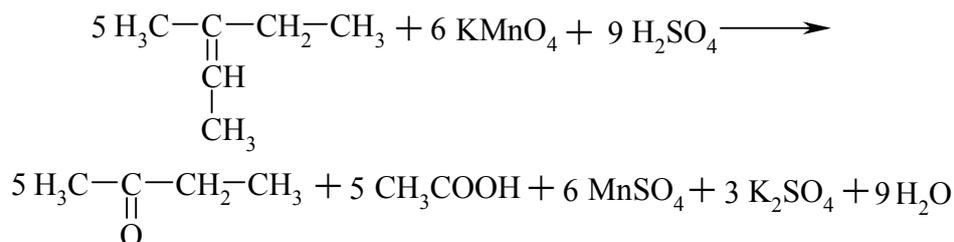


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных спиртов, при дегидратации которых образуется один и тот же алкен, окисление которого перманганатом калия в кислой среде дает бутанон и уксусную кислоту. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли кислорода равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли кислорода равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) Li_2O , NO , SiO_2 ; MgO и TiO_2 ; CaCO_3 и KHCO_3 .

б) CH_2O и $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$; $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$, а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 4.72 г, содержащий 91.52% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углероде. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 2.60 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

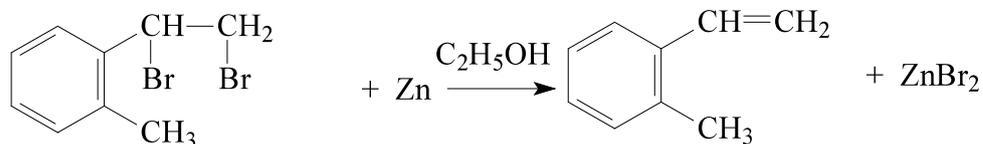
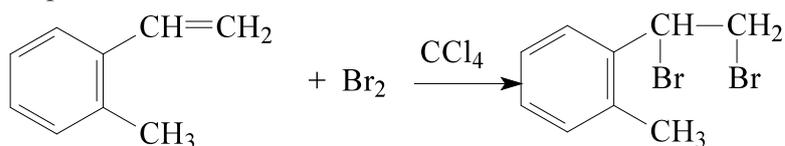
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-8}$.

2. $v(\text{Zn}) = v(\text{дибромида}) = v(\text{алкена}) = 0.04$ моль

3. $M(\text{алкена})=118 \text{ г/моль}$.

4. Алкен – *o*-метилфенилэтилен C_9H_{10} или другие изомеры.

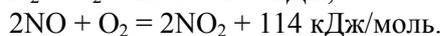
5. Уравнения:



6. При полном окислении одного моля газообразного азота до NO поглотилось 180 кДж теплоты, а при полном окислении двух молей NO до NO_2 выделилось 114 кДж. Рассчитайте теплоту образования NO_2 (в кДж/моль). (12 баллов)

Решение:

Уравнения реакций:



Сложив эти уравнения, получаем:

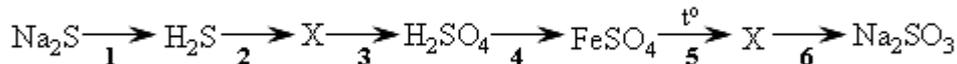


откуда



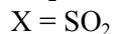
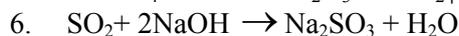
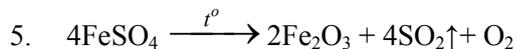
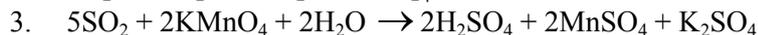
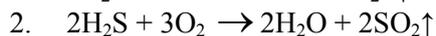
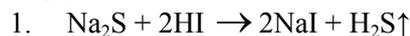
Ответ: -33 кДж/моль .

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее серу):



(12 баллов)

Решение:

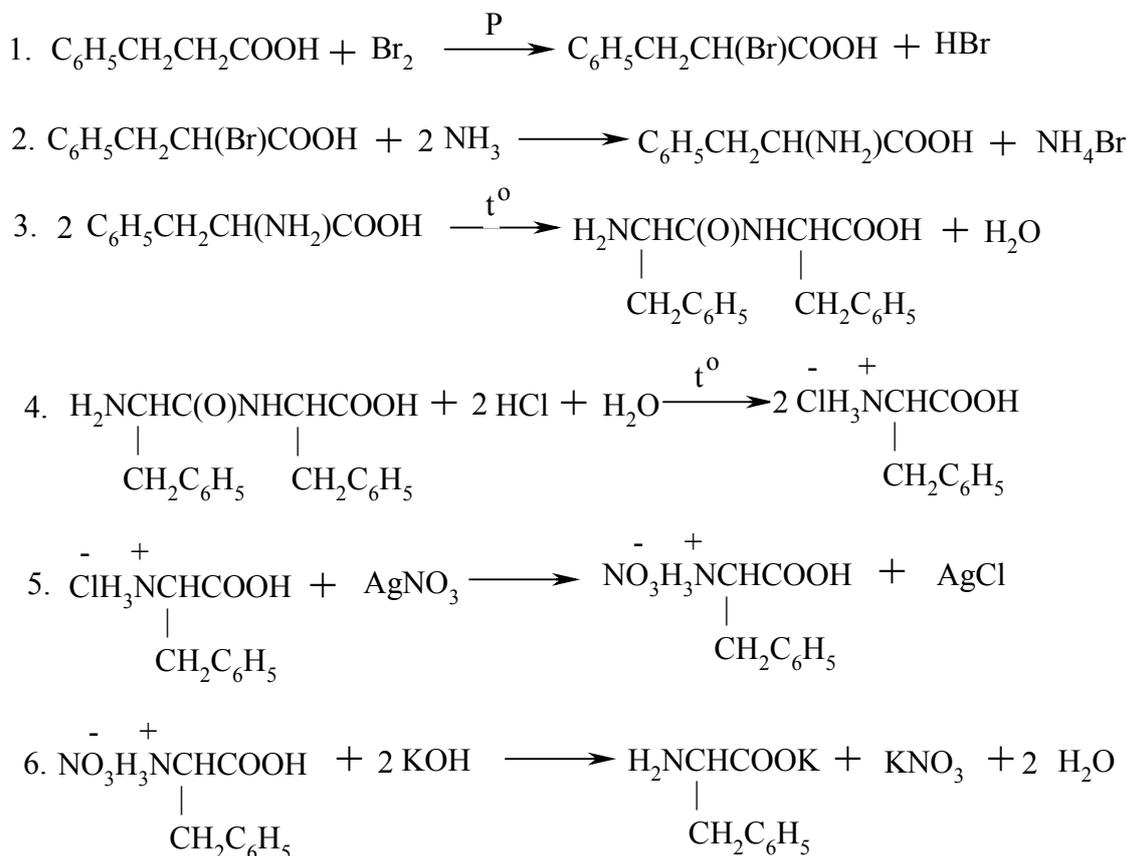


8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений



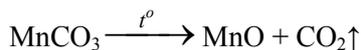
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:



9. Смесь дигидрата оксалата марганца (II) и карбоната марганца (II) массой 40.9 г прокалили в инертной атмосфере. При этом образовался твердый серо-зеленый остаток А и газообразные продукты разложения. Образовавшиеся газы пропустили сначала через раствор гидроксида кальция, а затем через аммиачный раствор оксида серебра. Из первого раствора выпал белый осадок В, а из второго – черный осадок С массой 21.6 г. Определите состав осадка С, а также состав и массу веществ А и В. Рассчитайте массовые доли солей в исходной смеси. Напишите уравнения всех упомянутых реакций. (12 баллов)

Решение:



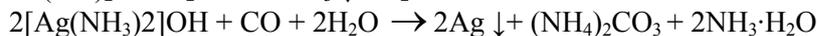
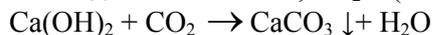
Осадок А – MnO.

Обозначим количества вещества $\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ через x , MnCO_3 – y .

Масса смеси:

$$179x + 115y = 40.9 \text{ г}$$

CO выделилось x моль, CO_2 – $(x+y)$ моль.



Осадок В – CaCO_3 , С – Ag.

$$v(\text{Ag}) = 2 v(\text{CO}) = 2x = 21.6/108 = 0.2 \text{ моль, следовательно } x = 0.1 \text{ моль}$$

$$m(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0.1 \cdot 179 = 17.9 \text{ г}$$

$$m(\text{MnCO}_3) = 40.9 - 17.9 = 23 \text{ г}$$

$$v(\text{MnCO}_3) = y = 23/115 = 0.2 \text{ моль}$$

$$v(\text{CaCO}_3) = x + y = 0.1 + 0.2 = 0.3 \text{ моль, } m(\text{CaCO}_3) = 0.3 \cdot 100 = 30 \text{ г}$$

$$v(\text{MnO}) = x + y = 0.3 \text{ моль, } m(\text{MnO}) = 0.3 \cdot 71 = 21.3 \text{ г}$$

$$\omega(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 17.9/40.9 = 0.438 = 43.8\%$$

$$\omega(\text{MnCO}_3) = 23/40.9 = 0.562 = 56.2\%$$

Ответ: $m(\text{CaCO}_3) = 30 \text{ г}$, $m(\text{MnO}) = 21.3 \text{ г}$, $\omega(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 43.8\%$, $\omega(\text{MnCO}_3) = 56.2\%$.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его

соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. (16 баллов)

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO.}$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. $m(M_2O_v) = m(\text{смеси конечн}) -$

$$m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(M) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(M_2O_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(M) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(O) = m(M_2O_v) - m(M) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(O) = m(O)/M(O) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(M) : n(O) = m(M)/M(M) : 0.3 = 11.2/M(M) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$M_2O_3 \quad 2/3 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо Fe}_2\text{O}_3.$$

$$\text{Итак, } n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1 \text{ моль}$$

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$$n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль}$$

количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS_2 : $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль}$, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$ – это может быть только

$$\text{Cu}_2\text{S} \quad 0.1 \text{ моль.}$$

В исходной смеси было 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Ответ: 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

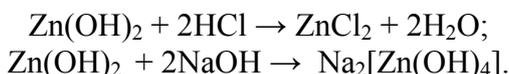
2013/2014

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ ЗАОЧНЫЙ ТУР

Вариант для учащихся 5-9 классов

1. Приведите уравнения реакций, характеризующие амфотерные свойства гидроксида цинка. (4 балла)

Ответ:



2. Три сосуда одинакового объема при нормальных условиях заполнены тремя разными веществами: азотом, хлороводородом и водой. Расположите сосуды в порядке возрастания числа молекул в них. Ответ обоснуйте. (6 баллов)

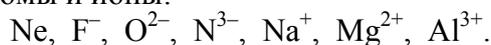
Решение. Число молекул пропорционально количеству вещества. При равных условиях равные объемы газов содержат равные количества веществ, следовательно, и равные числа молекул. При нормальных условиях азот и хлороводород – газы, а вода – жидкость. Значит,
$$v(\text{N}_2) = v(\text{HCl}) \ll v(\text{H}_2\text{O}).$$

3. Приведите по два примера веществ, имеющих красную и зеленую окраски. (6 баллов)

Ответ: возможные варианты веществ *красного* цвета – красный фосфор $\text{P}_{\text{кр}}$, CrO_3 , Br_2 , $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Fe_2O_3 (красно-коричневый); вещества *зеленого* цвета – $\text{Ni}(\text{OH})_2$, K_2MnO_4 , Cr_2O_3 , $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

4. Каким атомам и ионам соответствует электронная конфигурация $1s^2 2s^2 2p^6$? Приведите формулы соединений с этими ионами и назовите их. (6 баллов)

Решение. Подходящие атомы и ионы:



Примеры соответствующих соединений: NaF , MgO , AlN , Al_2O_3 , Mg_3N_2 и другие.

5. Соотношение молярных масс оксида и хлорида элемента с высшей степенью окисления составляет 6:17. Какой элемент образует эти соединения? (6 баллов)

Решение. Будем решать методом подбора, перебирая возможные валентности элемента. Если элемент одновалентный, тогда $\text{Э}_2\text{O}$ – оксид, ЭCl – хлорид.

$$\frac{2M(\text{Э}) + 16}{M(\text{Э}) + 35.5} = \frac{6}{17}, \quad 28 \cdot M(\text{Э}) = -59, \quad \text{не подходит.}$$

Пусть элемент двухвалентный, тогда ЭO – оксид, ЭCl_2 – хлорид.

$$\frac{M(\text{Э}) + 16}{M(\text{Э}) + 71} = \frac{6}{17}, \quad 11 \cdot M(\text{Э}) = 154, \quad M(\text{Э}) = 14 \text{ г/моль, но N не подходит по валентности.}$$

Пусть элемент трехвалентный, тогда $\text{Э}_2\text{O}_3$ – оксид, ЭCl_3 – хлорид.

$$\frac{2 \cdot M(\text{Э}) + 48}{M(\text{Э}) + 106.5} = \frac{6}{17}, \quad 28 \cdot M(\text{Э}) = -177, \quad \text{не подходит.}$$

Пусть элемент четырехвалентный, тогда ЭO_2 – оксид, ЭCl_4 – хлорид.

$$\frac{M(\text{Э}) + 32}{M(\text{Э}) + 142} = \frac{6}{17}, \quad 11 \cdot M(\text{Э}) = 308, \quad M(\text{Э}) = 28 \text{ г/моль, элемент – кремний Si.}$$

Искомые соединения: SiO_2 и SiCl_4 .

Ответ: Si.

6. Массовая доля неизвестного газа, находящегося в смеси с метаном, равна 50%, а объемная – 20%. Определите, какой это газ. (6 баллов)

Решение. Объемные доли газов соответствуют мольным долям.

Возьмем 1 моль смеси, тогда $v(\text{газа}) = 0.2$ моль, $v(\text{CH}_4) = 0.8$ моль.

Так как массы газов равны, то

$$0.2 \cdot M = 0.8 \cdot 16,$$

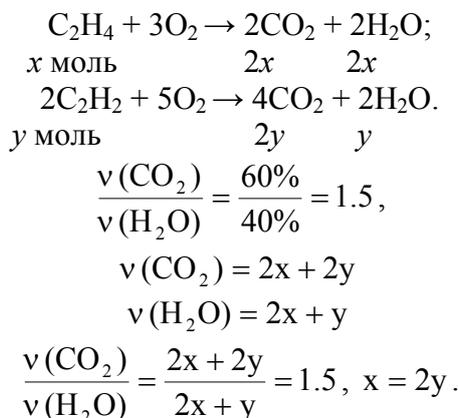
$$M = 64 \text{ г/моль.}$$

Газ с такой молярной массой – SO_2 .

Ответ: SO_2 .

7. Смесь этилена и ацетиленов сожгли в кислороде, при этом образовалась газовая смесь, содержащая 60 объемных % CO_2 и 40 объемных % H_2O . Какова объемная доля этилена в исходной смеси? (8 баллов)

Решение. Запишем уравнения реакций горения, обозначив количества газов за x и y моль, соответственно:



Пусть $x = 1$ моль C_2H_4 , тогда $y = 2$ моль C_2H_2 .

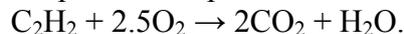
$$m(\text{смеси}) = 28 + 2 \cdot 26 = 80 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{28 \cdot 100\%}{80} = 35\%, \quad \omega(\text{C}_2\text{H}_2) = 65\%.$$

Ответ: $\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = 35\%$, $\omega(\text{C}_2\text{H}_2) = 65\%$.

8. При сгорании 53.76 л (н. у.) ацетиленов выделилось 3118.8 кДж теплоты; какова теплота образования ацетиленов, если теплоты образования CO_2 и H_2O составляют 393.5 и 285.8 кДж/моль соответственно. (10 баллов)

Решение. Напишем уравнение реакции горения ацетиленов:



По условию задачи количество ацетиленов составляет $v(\text{C}_2\text{H}_2) = 53.76 / 22.4 = 2.4$ моль.

При сгорании 1 моль ацетиленов выделится $Q = 3118.8 / 2.4 = 1299.5$ кДж/моль тепла.

С другой стороны, по закону Гесса:

$$Q = 2 \cdot 393.5 + 285.8 - x = 1299.5 \text{ кДж,}$$

где x – теплота образования ацетиленов. Отсюда $x = -226.7$ кДж/моль.

Ответ: -226.7 кДж/моль.

9. Известняк используют для производства гашеной, негашеной и белильной извести, гипса и карбида кальция. Напишите формулы указанных соединений и назовите их по правилам химической номенклатуры. Напишите уравнения реакций получения этих соединений из известняка с указанием условий проведения. (12 баллов)

Решение.

CaCO_3 – известняк, карбонат кальция;

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ – гашеная известь, побелка, гидроксид кальция;

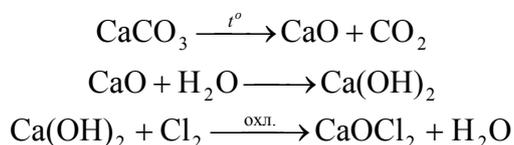
CaO – негашеная известь, оксид кальция;

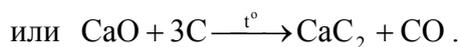
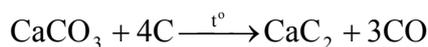
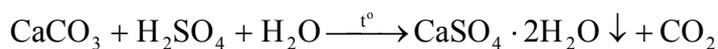
CaOCl_2 – белильная известь, хлорид-гипохлорит кальция;

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гипс, дигидрат сульфата кальция;

CaC_2 – карбид кальция.

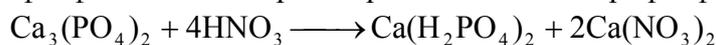
Уравнения реакций:





10. Какой объем 28 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.17г/мл) следует прибавить к фосфату кальция массой 50 г для его растворения? **(12 баллов)**

Решение. Среди фосфатов кальция растворим только дигидрофосфат.



$$v(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = \frac{50}{310} = 0.16129 \text{ моль};$$

$$v(\text{HNO}_3) = 4v(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0.645 \text{ моль};$$

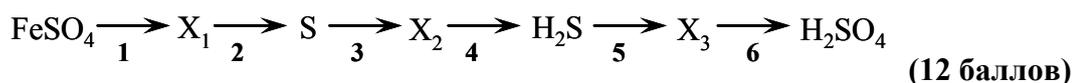
$$m(\text{HNO}_3) = vM = 0.645 \cdot 63 = 40.635 \text{ г};$$

$$m(\text{р-ра}) = \frac{40.635}{0.28} = 145.125 \text{ г};$$

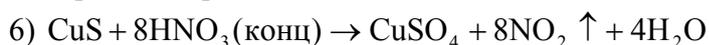
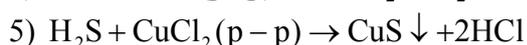
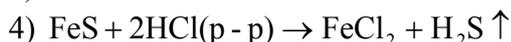
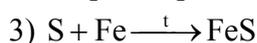
$$V(\text{р-ра}) = \frac{m}{\rho} = \frac{145.125}{1.17} = 124.0 \text{ мл}.$$

Ответ: 124 мл.

11. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения:

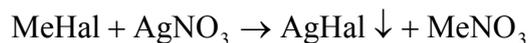


Решение. Приведем один из возможных вариантов:



12. К 50 г 35.6%-ного раствора галогенида щелочного металла прибавили 10 г раствора нитрата серебра. После выделения осадка концентрация исходного галогенида уменьшилась в 1.2 раза. Установите формулу галогенида металла. **(12 баллов)**

Решение. Уравнение реакции:



Пусть в реакцию вступило x моль MeHal .

$$m(\text{MeHal}) = \omega \cdot m(\text{р-ра}) = 0.356 \cdot 50 = 17.8 \text{ г}.$$

Обозначим атомную массу металла Me за y , атомную массу галогена Hal – z . Тогда масса MeHal в полученном растворе:

$$m(\text{MeHal}) = 17.8 - x(y + z),$$

Масса раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 50 + 10 - m(\text{AgHal}) = 60 - x(108 + z).$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = 1.2,$$

$$\omega_1 = 0.356, \quad \omega_2 = \frac{17.8 - x(y + z)}{60 - x(108 + z)},$$

$$0.356 = 1.2 \cdot \frac{17.8 - x(y + z)}{60 - x(108 + z)}.$$

$$1.2y + 0.844z = 38.448.$$

Рассмотрим следующие случаи.

1) Если $\text{Hal} = \text{Cl}$, тогда $z = 35.5$, $1.2y = 8.486$.

$y = 7$, $\text{Me} = \text{Li}$, соль – LiCl .

2) Если $\text{Hal} = \text{Br}$, тогда $z = 80$, $1.2y = -29.032$, $y < 0$, следовательно, этот вариант не подходит.

3) Если $\text{Hal} = \text{I}$, тогда $z = 127$, $1.2y = -68.74$, $y < 0$, следовательно, этот вариант не подходит.

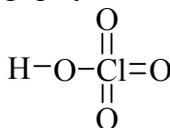
4) Вариант получения AgF не подходит, т.к. эта соль растворима в воде.

Ответ: LiCl .

Вариант 1

1.8. Приведите структурную формулу кислоты, в состав которой входит анион ЭO_4^- , содержащий 50 электронов. Укажите степень окисления атома Э (6 баллов).

Решение. $Z = 50 - (4 \cdot 8 + 1) = 17$, элемент Э – хлор, анион – ClO_4^- . В состав хлорной кислоты HClO_4 входит Cl^{+7} . Структурная формула кислоты:

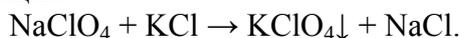


2.3. Представьте в общепринятом виде и назовите соединение $\text{CH}_2\text{Zn}_2\text{O}_5$ (6 баллов).

Ответ: $[\text{Zn}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$ – основной карбонат цинка или гидроксокарбонат цинка.

3.1. При смешении 200 мл раствора перхлората натрия с концентрацией 0.2 моль/л и 300 мл раствора хлорида калия с концентрацией 0.3 моль/л выпал осадок KClO_4 . Определите его массу, если произведение растворимости KClO_4 составляет $1.1 \cdot 10^{-2}$, объемом осадка можно пренебречь (8 баллов).

Решение. Происходит реакция



Исходные количества солей составляют

$$\nu(\text{NaClO}_4) = c \cdot V = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{KCl}) = 0.3 \cdot 0.3 = 0.09 \text{ моль}.$$

Объем полученного раствора равен $0.2 + 0.3 = 0.5$ л (объемом образовавшегося осадка пренебрегаем).

Пусть выпало x моль осадка KClO_4 . Тогда произведение концентраций ионов K^+ и ClO_4^- в насыщенном растворе над осадком должно равняться произведению растворимости KClO_4 , которое является постоянной величиной:

$$\text{ПР} = [\text{K}^+][\text{ClO}_4^-] = \frac{(0.09 - x)}{0.5} \cdot \frac{(0.04 - x)}{0.5} = 1.1 \cdot 10^{-2}.$$

Получилось квадратное уравнение:

$$x^2 - 0.13x + 0.00085 = 0.$$

$$D = 0.0169 - 0.0034 = 0.0135.$$

$$x_{1,2} = \frac{0.13 \pm 0.1162}{2}$$

Корни уравнения: $x_1 = 0.1231$ и $x_2 = 0.0069$ (моль).

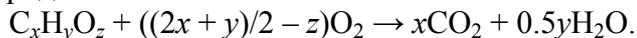
Первый корень не подходит, т. к. $0.1231 > 0.04$ и итоговая концентрация перхлорат-аниона окажется отрицательной. Значит, количество KClO_4 составляет 0.0069 моль, его масса равна

$$m(\text{KClO}_4) = \nu \cdot M = 0.0069 \cdot 138.5 = 0.956 \text{ г}.$$

Ответ: 0.956 г перхлората калия.

4.2. При сгорании смеси двух органических соединений образуются только углекислый газ и вода. Общая масса продуктов сгорания равна 32 г, а массовая доля водорода в ней – 5%. Установите качественный и количественный состав исходной смеси, если известно, что массовая доля углерода в ней составляет 40% (8 баллов).

Решение. По условию, в составе органических соединений могут находиться только углерод, водород и кислород:



Если $\omega(\text{H}) = 5\%$, тогда $m(\text{H}) = 0.05 \cdot 32 = 1.6$ г и $\nu(\text{H}) = 1.6$ моль; $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.8 \cdot 18 = 14.4$ г.

Тогда $m(\text{CO}_2) = 32 - 14.4 = 17.6$ г, $\nu(\text{CO}_2) = 17.6 / 44 = 0.4$ моль и $\nu(\text{C}) = 0.4$ моль.

Важный вывод: $\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 0.4 : 1.6 = 1 : 4$.

Такое соотношение возможно только при $x = 1$, $y = 4$, следовательно, единственно возможные исходные вещества – это метан CH_4 и метанол CH_3OH .

Пусть $\nu(\text{CH}_4) = n$, $\nu(\text{CH}_3\text{OH}) = m$, тогда $n + m = 0.4$, т. к. $\nu(\text{C}) = 0.4$ моль:

$$0.4 = (12n + 12m)/(16n + 32m),$$

$$7n = m,$$

$$n = 0.05, m = 0.35,$$

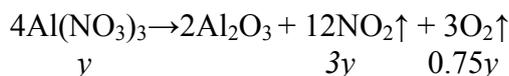
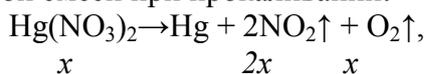
$$\nu(\text{CH}_4) = 0.05 \text{ моль}, \nu(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.35 \text{ моль},$$

$$m(\text{CH}_4) = 0.8 \text{ г}, m(\text{CH}_3\text{OH}) = 11.2 \text{ г}.$$

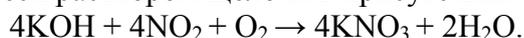
Ответ: $m(\text{CH}_4) = 0.8 \text{ г}$, $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 11.2 \text{ г}$.

5.6. Навеску смеси нитрата ртути (II) и нитрата алюминия 22.53 г прокалили при температуре выше 400°C. Полученная в результате газовая смесь была пропущена через раствор гидроксида калия. Объем прошедшего через раствор газа (непоглотившегося) составил 366 мл (при $T = 298 \text{ К}$ и $p = 1 \text{ атм.}$). Рассчитайте массовые доли веществ в исходной навеске (10 баллов).

Решение. Разложение газовой смеси при прокаливании:



Поглощение газовой смеси раствором щелочи в присутствии кислорода:



Газ, прошедший через щелочь, – это избыток O_2 , его количество:

$$\nu(\text{O}_2)_{\text{ост}} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0.366}{0.082 \cdot 298} = 0.015 \text{ моль } \text{O}_2 \text{ не прореагировало.}$$

$$\nu(\text{O}_2)_{\text{ост}} = (0.75y + x) - 0.25(3y + 2x) = 0.5x.$$

$$x = 0.03 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.03 \text{ моль},$$

$$m(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.03 \cdot 325 = 9.75 \text{ г},$$

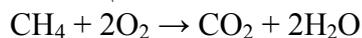
$$\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 9.75 / 22.53 = 0.43 \text{ (или 43\%)},$$

$$\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0.57 \text{ (или 57\%)}.$$

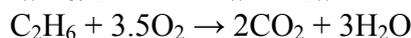
Ответ: $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 43\%$, $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 57\%$.

6.1. При сжигании газовой смеси этана и метана выделилось 8250 Дж тепла. Продукты сгорания были последовательно пропущены через хлоркальциевую трубку и 1 л дистиллированной воды, при этом масса хлоркальциевой трубки увеличилась на 306 мг. Рассчитайте рН водного раствора, если $K_{\text{д}}(\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-) = 4.27 \cdot 10^{-7}$, а теплоты сгорания этана и метана равны 1561 кДж/моль и 891 кДж/моль соответственно (10 баллов).

Решение. Реакции сгорания веществ:



$$x \text{ моль} \quad \quad \quad x \quad 2x$$



$$y \text{ моль} \quad \quad \quad 2y \quad 3y$$

Масса хлоркальциевой трубки увеличилась за счет поглощения паров воды, следовательно $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.306 \text{ г}$, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0.306 / 18 = 0.017 \text{ моль}$. Составим и решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 891x + 1561y = 8.25 \\ 2x + 3y = 0.017 \end{cases}$$

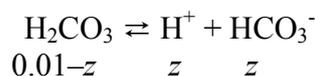
$$x = 0.004 \text{ моль}, y = 0.003 \text{ моль}.$$

Значит, в результате сгорания образовалось $\nu(\text{CO}_2) = x + 2y = 0.004 + 2 \cdot 0.003 = 0.01 \text{ моль}$.

Углекислый газ поглощается водой: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$.

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3)_{\text{исх}} = \nu / V = 0.01 \text{ моль/л}.$$

В результате диссоциации угольной кислоты



$$0.01 - z \quad \quad z \quad \quad z$$

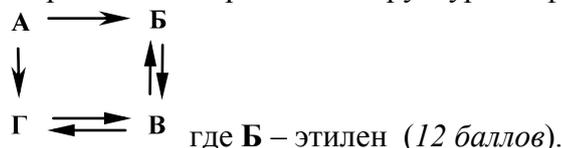
$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{z^2}{0.01 - z} \approx \frac{z^2}{0.01} = 4.27 \cdot 10^{-7}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{0.01 \cdot 4.27 \cdot 10^{-7}} = 6.535 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

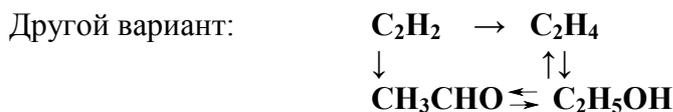
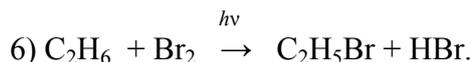
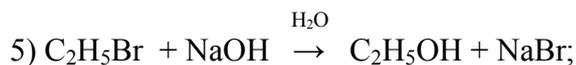
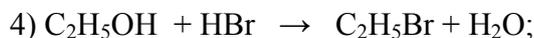
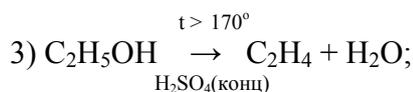
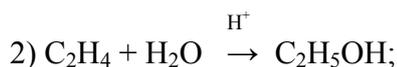
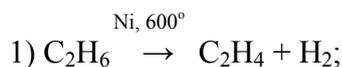
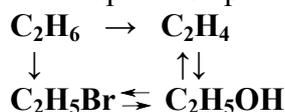
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 4.2.$$

Ответ: pH = 4.2.

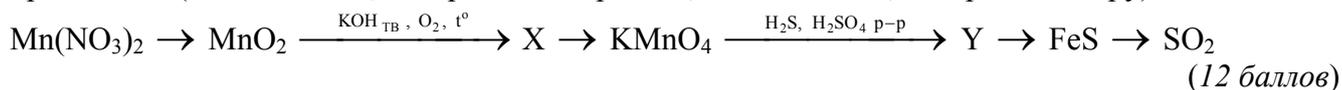
7.1. Расшифруйте следующую схему превращений, напишите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их протекания. Приведите структурные формулы соединений А-Г:



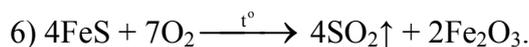
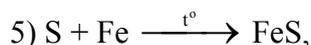
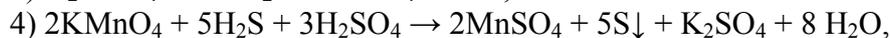
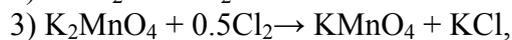
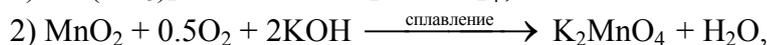
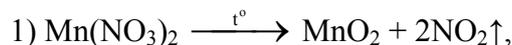
Решение. Один из возможных вариантов решения:



8.7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее марганец, Y – вещество, содержащее серу):



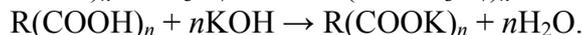
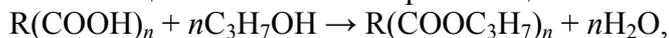
Решение. Один из возможных вариантов:



Ответ: X – K₂MnO₄, Y – S.

9.7. В результате реакции карбоновой кислоты с пропанолом-2 получено 28 г сложного эфира с выходом 70%. При полной нейтрализации такого же количества этой кислоты водным раствором гидроксида калия образовалось 38.4 г соли. Установите возможную формулу карбоновой кислоты. Что происходит с этой кислотой и ее изомером при нагревании до 150°C? Напишите уравнения протекающих реакций (14 баллов).

Решение. Карбоновая кислота может быть одноосновной или многоосновной. Обозначим основность кислоты через n . Реакции кислоты со спиртом и щелочью:



$$m(\text{эфира})_{\text{теор.}} = 28 / 0.7 = 40 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{кислоты}) = \nu(\text{соли}) = \nu(\text{эфира})$$

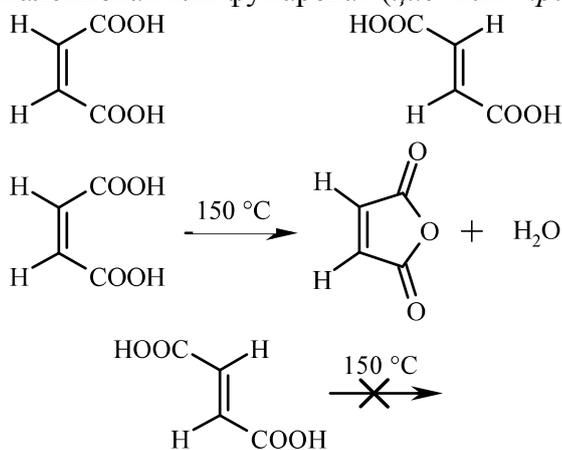
$$m(\text{соли}) / M(\text{соли}) = m(\text{эфира}) / M(\text{эфира}).$$

Пусть молярная масса радикала R равна x , тогда:

$$38.4 / (x + 83n) = 40 / (x + 87n),$$

$$x = 13n.$$

При $n = 1$ $x = 13$ (такого радикала нет), при $n = 2$ $x = 26$, этому соответствует радикал $-\text{CH}=\text{CH}-$, тогда кислота – малеиновая или фумаровая (*цис*- или *транс*-изомер):



10.3. При взаимодействии двух простых веществ, одно из которых светло-желтый газ с относительной плотностью по фтороводороду 1.9, получается светло-жёлтая жидкость. Массовая доля более тяжёлого элемента в полученном соединении равна 58.39%. Полученное жидкое вещество активно взаимодействует с раствором гидроксида натрия. При электролизе полученного раствора с диафрагмой (продукты электролиза не взаимодействуют с раствором) масса продуктов, выделившихся на аноде до начала выделения кислорода, равна $M_Z 1.72$ г. Рассчитайте максимальную массу порции сульфита натрия, которая может быть окислена полученным раствором (14 баллов).

Решение. Одно из реагирующих веществ определяем по его молярной массе:

$$M = D_{\text{HF}} \cdot M(\text{HF}) = 1.9 \cdot 20 = 38 \text{ г/моль, это } \text{F}_2 \text{ (светло-желтый газ).}$$

Поскольку фтор – сильнейший из неорганических окислителей, то взаимодействующее с ним вещество является восстановителем. Обозначим второе простое вещество-восстановитель как Z, тогда



Предположим, что фтор в полученном веществе ZF_n является более легким элементом. В таком случае по условию задачи:

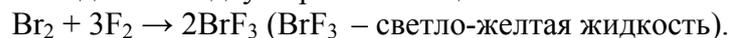
$$\omega(\text{Z}) = \frac{M_Z}{M_Z + 19n} = 0.5839, \text{ отсюда } M_Z = 26.7n.$$

Если $n = 1$, то $M_Z = 26.7$ г/моль – такого элемента со степенью окисления (+1) нет.

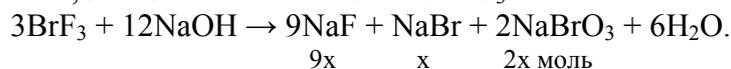
Если $n = 2$, то $M_Z = 53.3$ г/моль – такого элемента тоже нет.

Если $n = 3$, то $M_Z = 80$ г/моль – это Br.

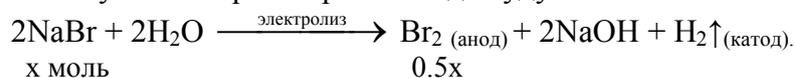
Тогда реакция взаимодействия двух простых веществ:



При взаимодействии со щелочью происходит реакция диспропорционирования Br^{3+} с образованием x моль NaBr, $9x$ моль NaF и $2x$ моль NaBrO_3 :



При электролизе полученного раствора на аноде будут окисляться только бромид ионы:

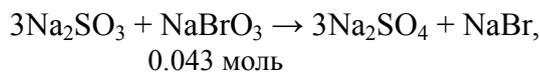


Масса выделившегося на аноде брома составляет

$$m(\text{Br}_2) = 0.5x \cdot 160 = 1.72,$$

отсюда $x = 0.0215$ моль.

Сульфит натрия будет окислен броматом натрия NaBrO_3 , которого в растворе содержится $2x = 2 \cdot 0.0215 = 0.043$ моль:



Отсюда $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 3\nu(\text{NaBrO}_3) = 3 \cdot 0.043 = 0.129$ моль,

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0.129 \cdot 126 = 16.25 \text{ г}.$$

Ответ: 16.25 г.

Вариант 2

1.2. Приведите структурную формулу кислоты, в состав которой входит анион ЭO_2^- , содержащий 34 электрона. Укажите степень окисления атома Э (6 баллов).

Решение: $Z = 34 - (2 \cdot 8 + 1) = 17$, элемент Э – хлор, анион – ClO_2^- . В состав хлорноватой кислоты HClO_2 входит Cl^{+3} . Структурная формула кислоты:

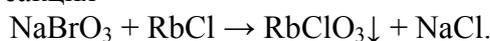


2.1. Представьте в общепринятом виде и назовите соединение $\text{H}_{14}\text{O}_2\text{N}_4\text{Cu}$ (6 баллов).

Ответ: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ гидроксид тетраамминмеди(II).

3.4. При смешении 200 мл раствора бромата натрия с концентрацией 0.5 моль/л и 100 мл раствора хлорида рубидия с концентрацией 0.25 моль/л выпал осадок RbBrO_3 . Определите его массу, если произведение растворимости RbBrO_3 составляет $2.0 \cdot 10^{-2}$, объемом осадка можно пренебречь (8 баллов).

Решение. Происходит реакция



Исходные количества солей составляют

$$v(\text{NaBrO}_3) = c \cdot V = 0.5 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль};$$

$$v(\text{RbCl}) = 0.25 \cdot 0.1 = 0.025 \text{ моль}.$$

Объем образовавшегося раствора равен $0.2 + 0.1 = 0.3$ л (объемом образовавшегося осадка пренебрегаем).

Пусть выпало x моль осадка RbBrO_3 . Тогда произведение концентраций ионов Rb^+ и BrO_3^- в растворе должно равняться произведению растворимости RbBrO_3 :

$$\text{ПР} = [\text{Rb}^+][\text{BrO}_3^-] = \frac{(0.1 - x)}{0.3} \cdot \frac{(0.025 - x)}{0.3} = 2.0 \cdot 10^{-2}.$$

Получилось квадратное уравнение:

$$x^2 - 0.125x + 0.0007 = 0.$$

$$D = 0.0156 - 0.0028 = 0.0128.$$

$$x_{1,2} = \frac{0.125 \pm 0.113}{2}$$

Корни уравнения: $x_1 = 0.0628$ и $x_2 = 0.006$ (моль).

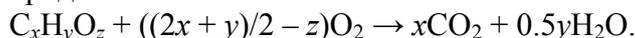
Первый корень не подходит, т. к. $0.0628 > 0.025$ и итоговая концентрация бромат-аниона окажется отрицательной. Значит, количество RbBrO_3 составляет 0.006 моль, его масса равна

$$m(\text{RbBrO}_3) = v \cdot M = 0.006 \cdot 213 = 1.28 \text{ г}.$$

Ответ: 1.28 г бромата рубидия.

4.3. При сгорании смеси двух органических соединений образуются только углекислый газ и вода. Общая масса продуктов сгорания равна 24 г, а массовая доля углерода в ней – 15%. Установите качественный и количественный состав исходной смеси, если известно, что массовая доля водорода в ней составляет 15% (8 баллов).

Решение. По условию, в составе органических соединений могут находиться только углерод, водород и кислород:



Если $\omega(\text{C}) = 15\%$, тогда $m(\text{C}) = 0.15 \cdot 24 = 3.6$ г, $v(\text{C}) = 0.3$ моль, $m(\text{CO}_2) = 13.2$ г.

Тогда $m(\text{H}_2\text{O}) = 10.8$ г, $v(\text{H}_2\text{O}) = 0.6$ моль, $v(\text{H}) = 0.12$ моль.

Важный вывод: $v(\text{C}) : v(\text{H}) = 0.3 : 0.12 = 1 : 4$. Такое соотношение возможно только при $x = 1$, $y = 4$, следовательно, единственно возможные исходные вещества – это метан CH_4 и метанол CH_3OH .

Пусть $v(\text{CH}_4) = n$, $v(\text{CH}_3\text{OH}) = m$, тогда $n + m = 0.3$, т. к. $v(\text{C}) = 0.3$ моль:

$$0.15 = (4n + 4m)/(16n + 32m),$$

$$2n = m,$$

$$n = 0.1, m = 0.2,$$

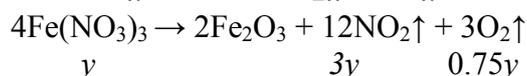
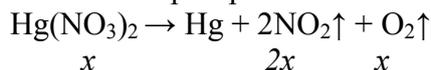
$$\nu(\text{CH}_4) = 0.1 \text{ моль}, \nu(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.2 \text{ моль},$$

$$m(\text{CH}_4) = 1.6 \text{ г}, m(\text{CH}_3\text{OH}) = 6.4 \text{ г}.$$

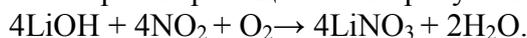
Ответ: $m(\text{CH}_4) = 1.6 \text{ г}, m(\text{CH}_3\text{OH}) = 6.4 \text{ г}.$

5.7. Навеску смеси нитрата ртути(II) и нитрата железа(III) 17.84 г прокалили при температуре выше 400°C. Полученная газовая смесь была пропущена через раствор гидроксида лития. Объем прошедшего через раствор газа (непоглотившегося) составил 489 мл (при $T = 298 \text{ К}, p = 1 \text{ атм.}$). Рассчитайте массовые доли веществ в исходной навеске (10 баллов).

Решение. Разложение газовой смеси при прокаливании:



Поглощение газовой смеси раствором щелочи в присутствии кислорода:



Газ, прошедший через щелочь, – это избыток O_2 , его количество:

$$\nu(\text{O}_2)_{\text{ост}} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0.489}{0.082 \cdot 298} = 0.02 \text{ моль } \text{O}_2 \text{ не прореагировало.}$$

$$\nu(\text{O}_2)_{\text{ост}} = (0.75y + x) - 0.25(3y + 2x) = 0.5x,$$

$$x = 0.04 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.04 \text{ моль},$$

$$m(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.04 \cdot 325 = 13 \text{ г},$$

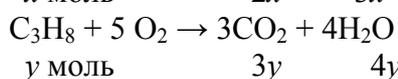
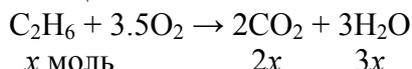
$$\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 13 / 17.84 = 0.43 \text{ (или 73\%)},$$

$$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0.27 \text{ (или 27\%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 73\%, \omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 27\%.$

6.3. При сжигании газовой смеси этана и пропана выделилось 8.56 кДж тепла. Продукты сгорания были последовательно пропущены через хлоркальциевую трубку и 5 л дистиллированной воды, при этом масса хлоркальциевой трубки увеличилась на 279 мг. Рассчитайте pH водного раствора, если $K_{\text{д}}(\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-) = 4.27 \cdot 10^{-7}$, а теплоты сгорания этана и пропана равны 1561 кДж/моль и 2222 кДж/моль соответственно (10 баллов).

Решение. Реакции сгорания веществ:



Масса хлоркальциевой трубки увеличилась за счет поглощения паров воды, следовательно $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.279 \text{ г}, \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0.279 / 18 = 0.0155 \text{ моль}.$ Составим и решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 1561x + 2222y = 8.56 \\ 3x + 4y = 0.0155 \end{cases}$$

$$x = 0.0005 \text{ моль}, y = 0.0035 \text{ моль}.$$

Значит, в результате сгорания образовалось $\nu(\text{CO}_2) = 2x + 3y = 0.001 + 3 \cdot 0.0035 = 0.0115 \text{ моль}.$

Углекислый газ поглощается водой: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3.$

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3)_{\text{исх}} = \nu / V = 0.0115 / 5 = 0.0023 \text{ моль/л}.$$

В результате диссоциации угольной кислоты



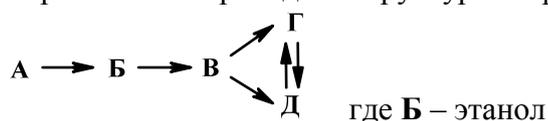
$$K_{\text{дис}} = \frac{0.0023-z}{[H_2CO_3]} = \frac{z}{0.0023-z} \approx \frac{z^2}{0.0023} = 4.27 \cdot 10^{-7}$$

$$[H^+] = \sqrt{0.0023 \cdot 4.27 \cdot 10^{-7}} = 3.134 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

$$pH = -\lg[H^+] = 4.5.$$

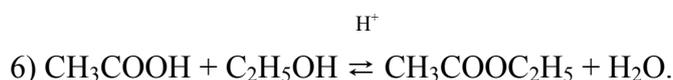
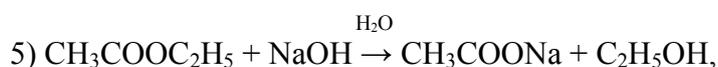
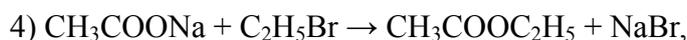
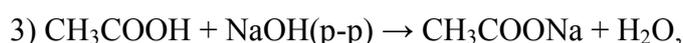
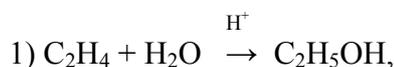
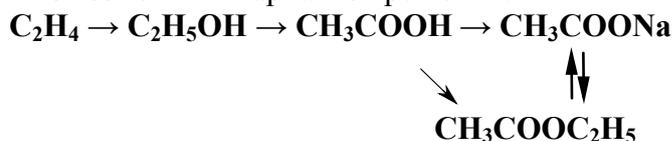
Ответ: pH = 4.5.

7.8. Расшифруйте следующую схему превращений, напишите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их протекания. Приведите структурные формулы соединений А-Д:

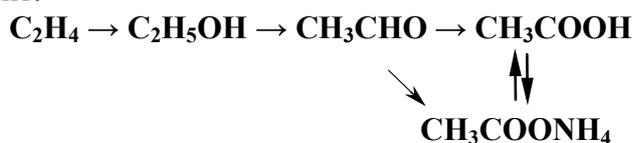


(12 баллов).

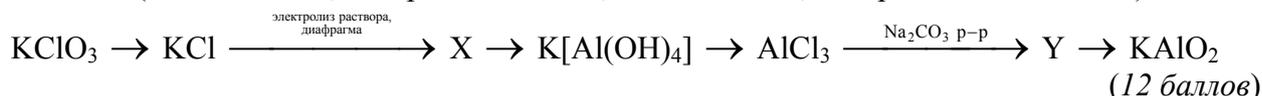
Решение. Один из возможных вариантов решения:



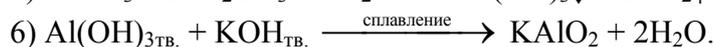
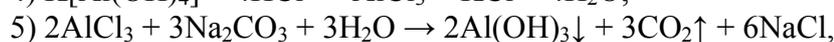
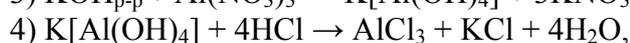
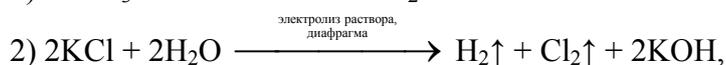
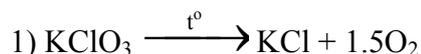
Другой вариант:



8.3. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее калий, Y – вещество, содержащее алюминий):



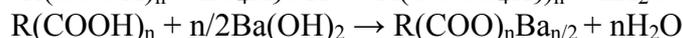
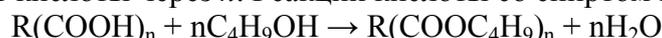
Решение.



Ответ: X – KOH, Y – Al(OH)₃.

9.6. В результате реакции карбоновой кислоты с бутанолом-1 получено 6.48 г сложного эфира с выходом 75%. При полной нейтрализации такого же количества этой кислоты водным раствором гидроксида бария образовалось 9.56 г соли. Установите формулу карбоновой кислоты. Что происходит с этой кислотой при нагревании до 150°C? Напишите уравнения протекающих реакций (14 баллов).

Решение. Карбоновая кислота может быть одноосновной или многоосновной. Обозначим основность кислоты через n . Реакции кислоты со спиртом и щелочью:



$$m(\text{эфира})_{\text{теор.}} = 6.48 \cdot 0.75 = 8.64 \text{ г.}$$

$$v(\text{кислоты}) = v(\text{соли}) = v(\text{эфира})$$

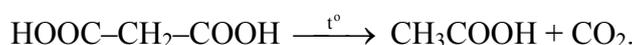
$$m(\text{соли}) / M(\text{соли}) = m(\text{эфира}) / M(\text{эфира}).$$

Пусть молярная масса радикала R равна x , тогда:

$$9.56 / (x + 112.5n) = 8.64 / (x + 101n),$$

$$x = 7n,$$

При $n = 1$ $x = 7$ (такого радикала нет), при $n = 2$ $x = 14$, это радикал $-\text{CH}_2-$, кислота – малоновая $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$.



10.8. При взаимодействии двух простых веществ, одно из которых – чёрные кристаллы с фиолетовым отблеском (относительная плотность паров данного вещества по азоту равна 9.07), получают красные кристаллы. Массовая доля более лёгкого элемента в полученном соединении равна 21.846%. Полученные красные кристаллы активно взаимодействуют с раствором гидроксида натрия. При электролизе полученного раствора с диафрагмой (продукты электролиза не взаимодействуют с раствором) на аноде выделяется 7.21 г веществ до начала выделения кислорода. Рассчитайте максимальный объём сернистого газа (н.у.), который может быть окислен полученным раствором.

Решение. Одно из реагирующих веществ определяем по его молярной массе:

$$M = D_{\text{N}_2} \cdot M(\text{N}_2) = 9.07 \cdot 28 = 254 \text{ г/моль, это } \text{I}_2 \text{ (чёрные кристаллы с фиолетовым отблеском).}$$

Иод может реагировать с другим веществом (обозначим его через Z) либо в качестве восстановителя, либо в качестве окислителя. Если I_2 – восстановитель, то Z – окислитель, тогда



Логично предположить, что иод в полученном веществе IZ_n является более тяжелым элементом. Тогда по условию задачи

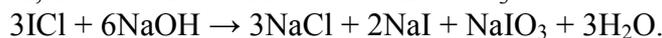
$$\omega(Z) = \frac{nM_Z}{nM_Z + 127} = 0.21846, \text{ отсюда } 0.78154nM_Z = 27.74442.$$

Если $n = 1$, то $M_Z = 35.5$ г/моль – искомый элемент Cl.

Тогда реакция взаимодействия двух простых веществ:

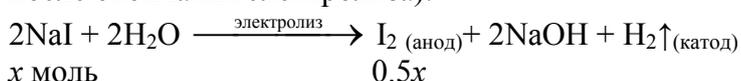


При взаимодействии со щелочью происходит реакция диспропорционирования I^+ с образованием x моль NaI, $1.5x$ моль NaCl и $0.5x$ моль NaIO_3 .



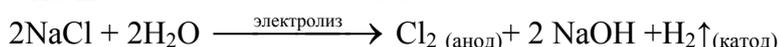
$$1.5x \quad x \quad 0.5x \text{ моль}$$

При электролизе полученного раствора на аноде выделяется I_2 и Cl_2 за счет окисления иодид- и хлорид-ионов (иодат натрия электролизу не подвергается и остается в растворе и после окончания электролиза):



x моль

$0.5x$



1.5x моль

0.75x

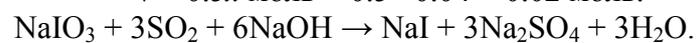
Масса продуктов, выделившихся на аноде:

$$m = m(\text{I}_2) + m(\text{Cl}_2) = 0.5x \cdot 254 + 0.75x \cdot 71 = 7.21,$$

отсюда $x = 0.04$ моль.

Сернистый газ будет окислен иодатом натрия. Количество иодата натрия составляет

$$v = 0.5x \text{ моль} = 0.5 \cdot 0.04 = 0.02 \text{ моль.}$$



0.02 моль

Отсюда $v(\text{SO}_2) = 3 \cdot v(\text{NaIO}_3) = 0.06$ моль.

$$V(\text{SO}_2) = 0.06 \cdot 22.4 = 1.344 \text{ л.}$$

Ответ: 1.344 л.

Олимпиада «Ломоносов» 5-9 классы
Решения и ответы

1. Молекула серы в 8 раз тяжелее молекулы кислорода. Какова молекулярная формула серы?

Решение.

$$\begin{aligned}M_r(\text{O}_2) &= 16 \cdot 2 = 32, \\M_r(\text{S}_n) &= 32 \cdot n = 256, \\n &= M_r(\text{S}_n) / A_r(\text{S}) = 256 / 32 = 8.\end{aligned}$$

Ответ: S₈.

2. Вещество состоит из двух элементов, масса всех атомов одного из них в 16 раз больше массы всех атомов другого. Установите формулу вещества.

Ответ: H₂S или H₂O₂.

3. Назовите 4 элемента Периодической системы, название которых так или иначе связано с Россией.

Ответ: элемент № 44 **Ru** – рутений, в честь латинского названия России – *Ruthenia*;

№ 62 **Sm** – самарий, по названию минерала самарскит, названного в честь российского горного инженера В.Е. Самарского-Быховца;

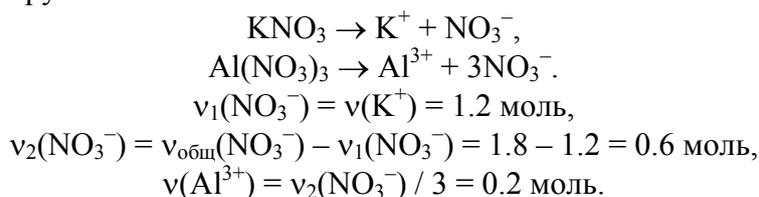
№ 101 **Md** Менделевий, в честь Д.И. Менделеева;

№ 105 **Db** – дубний, в честь российского наукограда Дубна, где находится Объединённый институт ядерных исследований;

№ 114 **F1** – флеровий, в честь российского физика-ядерщика Г.Н.Флерова, основателя ОИЯИ.

4. Водный раствор содержит 1.2 моль ионов калия, 1.8 моль нитрат-ионов и ионы алюминия. Сколько в растворе ионов алюминия (в молях)?

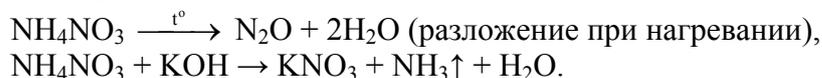
Решение. Очевидно, что в растворе находятся нитраты калия и алюминия, которые полностью диссоциируют:



Ответ: 0.2 моль.

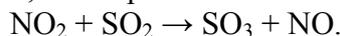
5. Приведите пример вещества, в котором один и тот же элемент одновременно проявляет и низшую, и высшую степень окисления. Напишите уравнение реакции с участием этого вещества.

Ответ: нитрат аммония NH₄NO₃. Азот в ионе NH₄⁺ имеет степень окисления –3, а в ионе NO₃[–] – степень окисления азота +5. Две из многочисленных возможных реакций с участием нитрата аммония:

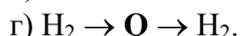
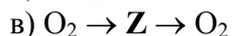
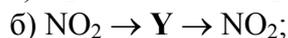
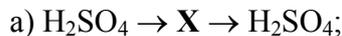


6. Химический элемент **Z** образует соединения состава XZ_2 и YZ_2 с элементами **X** и **Y** – ближайшими соседями **Z** по периоду и по группе. Определите элементы **X**, **Y**, **Z** и напишите уравнение взаимодействия указанных соединений между собой.

Ответ: **Z** – кислород, **X** – азот, **Y** – сера.

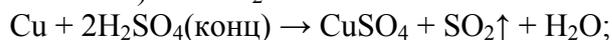


7. Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций, соответствующие следующим схемам:

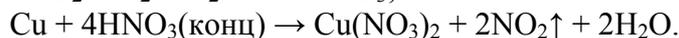


Определите неизвестные промежуточные вещества.

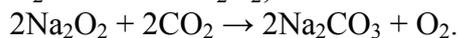
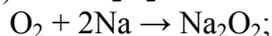
Решение: а) **X** – SO_2 :



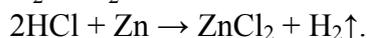
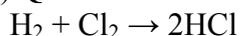
б) **Y** – HNO_3 :



в) **Z** – Na_2O_2 :

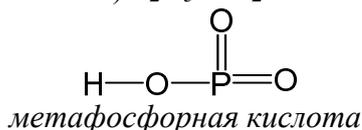


г) **Q** – HCl :

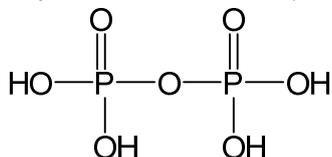


8. Оксид фосфора P_2O_5 может реагировать с водой в молярном соотношении 1:1, 1:2 и 1:3. Напишите уравнения реакций и структурные формулы продукта каждой реакции.

Решение: 1) $P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HPO_3$

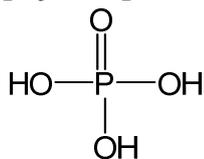


2) $P_2O_5 + 2H_2O \rightarrow H_4P_2O_7$



пирофосфорная кислота

3) $P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$

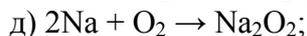
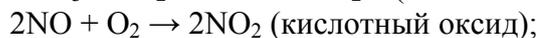
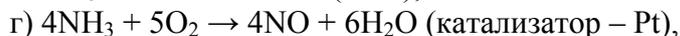
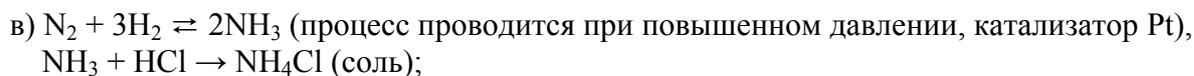
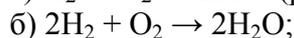


ортофосфорная кислота

9. Имея в своем распоряжении только водород, воздух и поваренную соль, получите:

а) кислоту, б) основание, в) соль, состоящую из трех элементов, г) кислотный оксид, д) основной оксид. Вы можете использовать любые физические процессы и катализаторы.

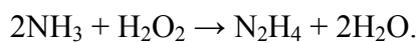
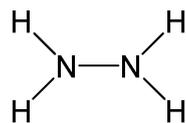
Решение: Из воздуха перегонкой получаем N_2 и O_2 , из поваренной соли электролизом расплава – Na и Cl_2 .



10. Жидкое вещество **X** состоит из двух элементов, входящих в состав человеческого организма. Молекула **X** состоит из 6 атомов и весит столько же, сколько молекула кислорода, а массовая доля более тяжелого элемента равна 87.5%. Вещество **X** получают реакцией между пероксидом водорода H_2O_2 и веществом **Y**, которое состоит из тех же атомов, что и **X**, но в соотношении 1:3.

Установите молекулярную формулу **X**, изобразите его структурную формулу и напишите уравнение указанной реакции.

Решение. **X** – это гидразин N_2H_4 ($M = 32$ г/моль), его структурная формула:



Ответ: **X** – N_2H_4 , **Y** – NH_3 .



2013/2014 учебный год
КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЁРОВ¹

олимпиады школьников «ЛОМОНОСОВ»
по ХИМИИ для 5-9 классов

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ:

*От **99** баллов включительно и выше.*

ПРИЗЁР:

*От **70** баллов до **98** баллов включительно.*

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ (диплом I степени):

*От **89** баллов включительно и выше.*

ПРИЗЁР (диплом II степени):

*От **77** баллов до **88** баллов включительно.*

ПРИЗЁР (диплом III степени):

*От **66** баллов до **76** баллов включительно.*

¹ Утверждены на заседании жюри олимпиады школьников «Ломоносов» по химии.



2013/2014 учебный год
КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЁРОВ²

олимпиады школьников «ЛОМОНОСОВ»
по ХИМИИ для 10-11 классов

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ:

*От **99** баллов включительно и выше.*

ПРИЗЁР:

*От **70** баллов до **98** баллов включительно.*

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ (диплом I степени):

*От **89** баллов включительно и выше.*

ПРИЗЁР (диплом II степени):

*От **77** баллов до **88** баллов включительно.*

ПРИЗЁР (диплом III степени):

*От **66** баллов до **76** баллов включительно.*

² Утверждены на заседании жюри олимпиады школьников «Ломоносов» по химии.

Решение заочного тура олимпиады «Ломоносов-2012»

1. Расположите вещества в порядке увеличения степени окисления азота: азотная кислота, N_2H_4 , NO, азот, нитрит калия, N_2O , $[Ag(NH_3)_2]OH$. **1 балл**

Ответ: $[Ag(NH_3)_2]OH < N_2H_4 < N_2 < N_2O < NO < KNO_2 < HNO_3$.

2. Какие два вещества и при каких условиях вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие вещества (указаны все продукты реакций без стехиометрических коэффициентов):

- 1) $NH_4Cl + CO_2 + H_2O$
- 2) $K_2CO_3 + O_2$
- 3) $K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$

Приведите уравнения реакций.

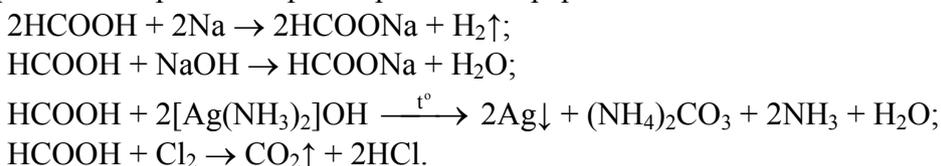
3 балла

Решение:

- 1) $(NH_4)_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NH_4Cl + CO_2\uparrow + H_2O$;
 $(NH_4HCO_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl + CO_2\uparrow + H_2O)$;
- 2) $2K_2O_2 + 2CO_2 \rightarrow 2K_2CO_3 + O_2\uparrow$;
(или, например, $4KO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2K_2CO_3 + 3O_2\uparrow$);
- 3) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$.

3. Неизвестное вещество реагирует с натрием, гидроксидом натрия, окисляется аммиачным раствором оксида серебра и хлором, применяется в фармацевтической и пищевой промышленности, в его молекуле содержится одинаковое количество атомов кислорода и водорода. Определите неизвестное вещество и запишите упомянутые реакции. **4 балла**

Решение: Неизвестное вещество – муравьиная кислота HCOOH. Применяется в пищевой промышленности как консервант (зарегистрированная пищевая добавка E236). В медицине используется муравьиный спирт (спиртовой раствор HCOOH) – местнораздражающее лекарственное средство при невралгиях и артритах.

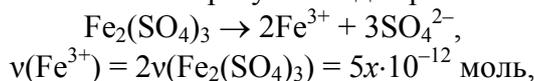


4. Для определения содержания неорганических катионов и анионов широкое применение находят плесневые грибы *Aspergillus*, чувствительные к наличию ионов металла на уровне $5 \cdot 10^{-10}$ моль/л. Возможно ли этим методом определить наличие ионов железа в пробе воды с массовой долей сульфата железа (III) 10^{-7} %? Ответ подтвердите расчетом. **4 балла**

Решение: Пусть масса раствора пробы x (г). Так как раствор водный и сильно разбавленный, то $\rho = 1$ г/мл и $V(p-pa) = x$ мл = $x \cdot 10^{-3}$ л. Выразим массу и количество $Fe_2(SO_4)_3$ в этом растворе:

$$\begin{aligned}m(Fe_2(SO_4)_3) &= m(p-pa) \cdot \omega = 10^{-9} \cdot x \text{ г}, \\v(Fe_2(SO_4)_3) &= m(Fe_2(SO_4)_3) / M(Fe_2(SO_4)_3) = 10^{-9} \cdot x / 400 = 2.5 \cdot x \cdot 10^{-12} \text{ моль}.\end{aligned}$$

При диссоциации соли ионов Fe^{3+} образуется в два раза больше, чем сульфат-ионов:



поэтому концентрация ионов железа в пробе составляет

$$c(Fe^{3+}) = v(Fe^{3+}) / V(p-pa) = 5x \cdot 10^{-12} / (x \cdot 10^{-3}) = 5 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}.$$

Найденное значение концентрации на порядок больше минимальной ($5 \cdot 10^{-10}$ моль/л), значит, плесневые грибы подходят для выполнения такого анализа.

Ответ: Да, можно определить.

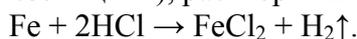
5. Старинную монету XVIII века диаметром 2.5 см и толщиной 1.8 мм, изготовленную из медного сплава, опустили в соляную кислоту. Монета растворилась частично. При дальнейшем полном растворении полученного остатка в концентрированной серной кислоте выделилось 2.48 л газа, объем которого был измерен при нормальном давлении и 30°C. Определите содержание (массовую долю) меди в монетном сплаве, плотность которого равна 8.92 г/см³. **4 балла**

Решение: Рассчитаем объем и массу монеты (цилиндра высотой h и радиусом основания r):

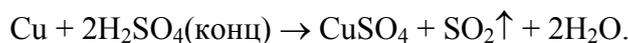
$$V(\text{монеты}) = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3.14 \cdot 12.5^2 \cdot 1.8 = 883.125 \text{ мм}^3 = 0.883 \text{ см}^3.$$

$$m(\text{монеты}) = V(\text{монеты}) \cdot \rho = 0.883 \cdot 8.92 = 7.88 \text{ г}.$$

Основной элемент сплава по условию – медь; в состав монеты могут входить более активные металлы (например, железо и цинк), растворившиеся в соляной кислоте:



Остаток представляет собой медь, которая растворяется в концентрированной серной кислоте:



Количество выделившегося SO_2 :

$$v(\text{SO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 2.48}{8.31 \cdot 303} = 0.1 \text{ моль};$$

$$v(\text{Cu}) = v(\text{SO}_2) = 0.1 \text{ моль}.$$

Масса и массовая доля меди в монете:

$$m(\text{Cu}) = v(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0.1 \cdot 64 = 6.4 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) / m(\text{монеты}) = \frac{6.4}{7.88} = 0.812 \text{ (или 81.2\%)}.$$

Ответ: 81.2% Cu.

6. В 100 г вещества содержится 34.238 мг электронов. Определите формулу соединения. **6 баллов**

Решение: Пусть в одной молекуле вещества содержится e электронов, p протонов и n нейтронов. Тогда его молярная масса равна $p+n$. Исходя из массы вещества, можно выразить его количество и число молекул в нем:

$$v(\text{в-ва}) = m(\text{в-ва}) / M(\text{в-ва}) = 100 / (p+n),$$

$$N(\text{молекул}) = v(\text{вещ-ва}) \cdot N_A = 6.02 \cdot 10^{25} / (p+n).$$

Так как в одной молекуле вещества содержится e электронов, то с учетом $e = p$ общее число электронов равно:

$$N_e = e \cdot 6.02 \cdot 10^{25} / (p+n) = p \cdot 6.02 \cdot 10^{25} / (p+n).$$

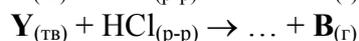
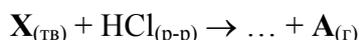
Масса одного электрона равна $9.1 \cdot 10^{-28}$ г, масса всех электронов в этом количестве вещества составляет

$$m(e) = m_0(e) \cdot N_e = 9.1 \cdot 10^{-28} \cdot p \cdot 6.02 \cdot 10^{25} / (p+n) = 54.78 \cdot p \cdot 10^{-3} / (p+n) = 34.238 \cdot 10^{-3}.$$

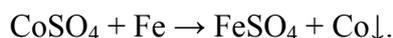
Из уравнения находим, что $n/p = 0.6$, этому условию удовлетворяет только метан CH_4 ($p = 10, n = 6$).

Ответ: CH_4 .

7. Две навески одинаковой массы веществ разного цвета X и Y были независимо обработаны избытком раствора соляной кислоты:



Объемы выделившихся газов A и B относятся как 5:3. Водные растворы A и B окрашивают индикатор метиловый оранжевый в красный цвет. Определите вещества X, Y, A и B.



Пусть x моль – количество растворившегося цинка, тогда $0.5 \cdot x$ – количество растворившегося железа. Это следует из того, что скорость растворения цинка в два раза больше, чем скорость растворения железа, а $w = -\Delta v(\text{металла}) / \Delta t$.

Изменение массы первой пластинки связано с растворением Zn и осаждением Co:

$$\Delta m = 59x - 65x = -3;$$

$$x = v(\text{Zn}) = 0.5 \text{ моль, тогда } n(\text{Fe}) = 0.25 \text{ моль.}$$

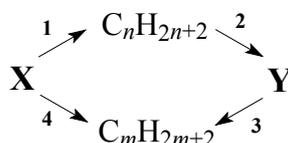
Изменение массы железной пластинки:

$$\Delta m = 59 \cdot 0.5x - 56 \cdot 0.5x = 0.75 \text{ г.}$$

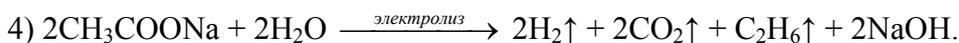
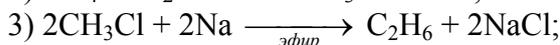
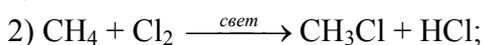
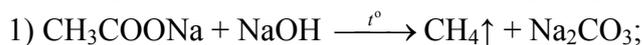
Масса первого раствора увеличилась на 3 г, масса второго раствора уменьшилась на 0.75 г.

Ответ: CoSO_4 , $\Delta m_2 = 0.75$ г, масса первого раствора увеличилась на 3 г, масса второго раствора уменьшилась на 0.75 г.

10. Запишите уравнения четырех реакций, соответствующих следующей схеме ($n \neq m$), укажите условия их протекания: **8 баллов**



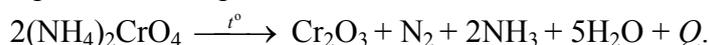
Решение: Получить два алкана с разным числом углеродных атомов можно из соли предельной карбоновой кислоты. Пусть, например, вещество X – ацетат натрия:



11. В процессе термического разложения навески хромата аммония выделилось 161 ккал теплоты. При пропускании образовавшегося газа через избыток раствора соляной кислоты его объем уменьшился. Определите объем газа, прошедшего через раствор соляной кислоты, при внешнем давлении 1 атм и 25°C , если при этой температуре стандартные теплоты образования хромата аммония, оксида хрома (III) и аммиака равны соответственно 1163 кДж/моль, 1141 кДж/моль и 46 кДж/моль, а теплота сгорания водорода равна 286 кДж/моль.

8 баллов

Решение: В результате разложения хромата аммония выделяются азот и аммиак:

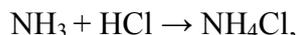


По закону Гесса с учетом того, что теплота сгорания водорода равна теплоте образования воды, можно рассчитать стандартный тепловой эффект реакции разложения 2 моль хромата:

$$\begin{aligned} Q &= Q(\text{Cr}_2\text{O}_3) + Q(\text{N}_2) + 2Q(\text{NH}_3) + 5Q(\text{H}_2\text{O}) - 2Q((\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4) = \\ &= 1141 + 0 + 2 \cdot 46 + 5 \cdot 286 - 2 \cdot 1163 = 337 \text{ кДж.} \end{aligned}$$

Так как выделилось 161 ккал тепла, т.е. 673.6 кДж, то $v((\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4) = 4$ моль, $v(\text{N}_2) = 2$ моль.

В растворе соляной кислоты аммиак поглотился:



через раствор прошел только азот. Рассчитаем его объем:

$$V(\text{N}_2) = \frac{vRT}{p} = \frac{2 \cdot 8.314 \cdot 298}{101.325} = 48.9 \text{ л.}$$

Ответ: 48.9 л.

12. Соединение элемента Э с хлором содержит 66.20% хлора по массе. Исследование строения молекулы этого соединения показало, что расстояние Э–Cl в ней равно $2.113 \cdot 10^{-10}$

м, а расстояние Cl–Cl составляет $3.450 \cdot 10^{-10}$ м. Определите состав молекулы этого соединения и ее пространственную конфигурацию. Каков тип гибридизации атома Э в данной молекуле? **10 баллов**

Решение. Соединение неизвестного элемента с хлором имеет формулу ЭCl_x . Пусть относительная атомная масса Э равна y . Тогда

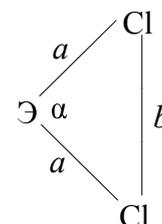
$$\begin{aligned}\omega(\text{Cl}) &= \frac{35.5x}{y + 35.5x} = 0.6620; \\ 35.5x &= 0.6620y + 23.501x, \\ 11.999x &= 0.6620y, \\ y &= 18.125x.\end{aligned}$$

Поскольку x – валентность элемента, и, соответственно, целое число, можно определить массу атома Э подбором:

$$\begin{array}{ll} x = 1 & y = 18.125 \\ x = 2 & y = 36.250 \\ x = 3 & y = 54.325 \end{array} \qquad \begin{array}{ll} x = 4 & y = 72.500 \\ x = 5 & y = 90.625 \\ x = 6 & y = 108.030 \end{array}$$

Единственное разумное сочетание массы и валентности – это четырехвалентный германий ($A_r(\text{Ge}) = 72.59$). Исследуемое соединение – тетрахлорид германия. Чтобы определить строение молекулы этого соединения, нужно выяснить величину угла Cl–Ge–Cl (треугольник, образованный этими атомами, равнобедренный).

Длины сторон треугольника и косинус одного из углов связывает теорема косинусов:



$$\text{откуда} \quad 1 - \cos\alpha = \frac{b^2}{2a^2} = \frac{(3.45 \cdot 10^{-10})^2}{2 \cdot (2.113 \cdot 10^{-10})^2} = \frac{11.9025}{8.9295} = 1.333,$$

$$\cos\alpha = -0.333 = -\frac{1}{3}; \quad \alpha = 109.5^\circ.$$

Это тетраэдрический угол, следовательно, молекула GeCl_4 имеет тетраэдрическое строение, обусловленное sp^3 -гибридизацией атома германия.

Ответ: GeCl_4 , тетраэдрическая конфигурация, sp^3 -гибридизация.

13. Взяли два образца радиоактивных изотопов, претерпевающих β -распад. Первый образец массой m состоял из чистого изотопа **A** с периодом полураспада $t_{1/2}$. Второй, имеющий в четыре раза бóльшую массу, состоял из чистого изотопа **B** с периодом полураспада, в два раза меньшим, чем у **A**. Через какой промежуток времени массы изотопов **A** и **B** сравняются? Массой испускаемых β -частиц можно пренебречь. **8 баллов**

Решение. Наиболее простой и наглядный способ – проанализировать, как изменяются массы изотопов через временные интервалы, равные периодам их полураспада.

Изотоп	A	B
Начальный момент ($t = 0$)	m	$4m$
$0.5 t_{1/2}$	–	$2m$
$t_{1/2}$	$0.5m$	m
$1.5 t_{1/2}$	–	$0.5m$
$2 t_{1/2}$	$0.25m$	$0.25m$
$2.5 t_{1/2}$	–	$0.125m$
$3 t_{1/2}$	$0.125m$	$0.0625m$

Видно, что по истечению двух периодов полураспада изотопа **A** массы радиоактивных изотопов сравнялись. Можно использовать для решения зависимости масс изотопов от времени:

Для первого изотопа
$$m(t) = m \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}},$$

для второго, соответственно,
$$m(t) = 4m \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{0.5t_{1/2}}}.$$

Найдем значение t , при котором массы изотопов станут равны:

$$m \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} = 4m \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{0.5t_{1/2}}}, \quad \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} = 4 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2t}{t_{1/2}}}.$$

Прологарифмируем это выражение:

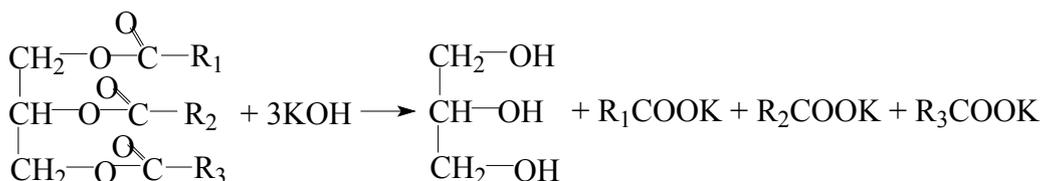
$$\begin{aligned} \frac{t}{t_{1/2}} \lg \frac{1}{2} &= \lg 4 + \frac{2t}{t_{1/2}} \lg \frac{1}{2}, \\ -\lg 4 &= \frac{t}{t_{1/2}} \lg \frac{1}{2}. \end{aligned}$$

Поскольку $\lg 4 = -2 \lg \frac{1}{2}$, получаем $2 \lg \frac{1}{2} = \frac{t}{t_{1/2}} \lg \frac{1}{2}$, откуда $t = 2t_{1/2}$.

Ответ: через промежуток $2t_{1/2}$.

14. Особое место среди животных жиров занимает молочный жир, содержанием которого в коровьем масле достигает 81-82.5%. Для полного гидролиза образца одного из триглицеридов, входящих в состав молочного жира, массой 16.08 г необходим 25%-ный раствор гидроксида калия объемом 11.4 мл и плотностью 1.18 г/мл. Полученный раствор обесцветил бромную воду, образовавшееся при этом производное содержит 36.2% брома по массе. Предположите возможную формулу триглицерида, приведите аргументированное решение. Что будет наблюдаться при подкислении раствора, содержащего продукты омыления триглицерида? **14 баллов**

Решение: При щелочном гидролизе триглицерида образуются глицерин и соли карбоновых кислот:



Рассчитаем количество KOH, необходимое для гидролиза:

$$v(\text{KOH}) = V \cdot \rho \cdot \omega / M = 3.363 / 56 = 0.06 \text{ моль.}$$

Значит, $v(\text{жира}) = 0.06 / 3 = 0.02$ моль. Тогда его молярная масса равна:

$$M(\text{жира}) = m(\text{жира}) / v(\text{жира}) = 16.08 / 0.02 = 804 \text{ г/моль.}$$

Обозначим молярные массы радикалов как M_1 , M_2 и M_3 .

$$M(\text{жира}) = M_1 + M_2 + M_3 + 173 = 804,$$

$$M_1 + M_2 + M_3 = 631.$$

Так как продукт гидролиза присоединяет бромную воду, следовательно, в жире есть хотя бы один непредельный радикал: $\text{R}_1 = \text{C}_n\text{H}_{2n-1}$, $\text{R}_2 = \text{C}_m\text{H}_{2m+1}$, $\text{R}_3 = \text{C}_k\text{H}_{2k+1}$

$$12n + 2n - 1 + 12m + 2m + 1 + 12k + 2k + 1 = 631,$$

$$n + m + k = 45.$$

Дальше действуем подбором.

Вариант 1: $\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{COOH}$, $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$, $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$.

Проверяем массовую долю брома в $\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{Br}_2\text{COOH}$:

$$\omega(\text{Br}) = 160 / 414 = 0.386 - \text{слишком много, не подходит по условию задачи.}$$

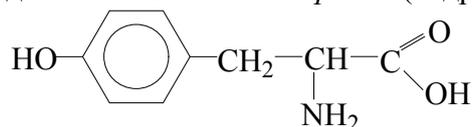
Решение заданий варианта 1

1. Приведите формулы двух соединений разных классов, в которых атом серы имеет максимальную степень окисления. (4 балла)

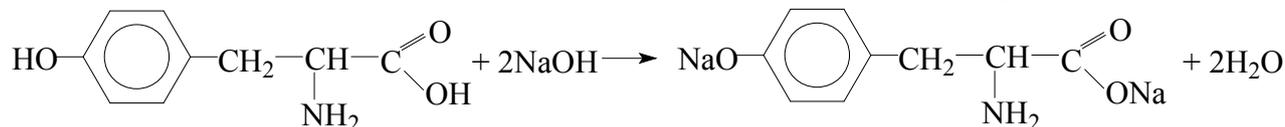
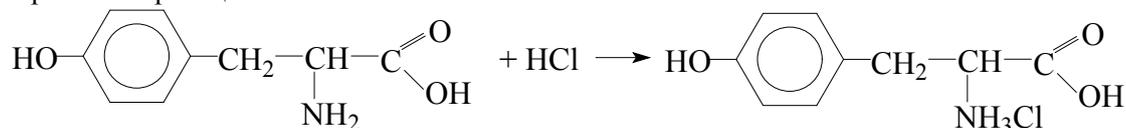
Максимальная степень окисления серы +6; примеры соединений SO_3 , Na_2SO_4 .

2. Природное соединение состава $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_3$ реагирует с растворами HCl и NaOH . Приведите структурную формулу соединения, его название и два упомянутых уравнения реакций. (8 баллов)

Формуле соответствует природная аминокислота *тирозин* (гидроксифенилаланин):

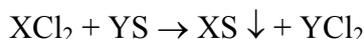


Уравнения реакций:



3. К раствору, содержащему 1.35 г хлорида металла (степень окисления +2), прибавили раствор, содержащий 0.51 г соли сероводородной кислоты, при этом выпало 0.96 г осадка. Приведите формулы исходных солей, если они прореагировали полностью. (8 баллов)

Решение:



Определим металл, входящий в состав исходного хлорида, для этого выразим количества солей:

$$v(\text{XS}) = \frac{m(\text{XS})}{M(\text{XS})} = \frac{0.96}{x + 32}; \quad v(\text{XCl}_2) = \frac{m(\text{XCl}_2)}{M(\text{XCl}_2)} = \frac{1.35}{x + 71}$$

Так как $v(\text{XS}) = v(\text{XCl}_2)$, находим $x = 64$ г/моль, X – это медь Cu, исходная соль – CuCl_2 .

Определим молярную массу Y.

$$v(\text{YS}) = v(\text{XS}) = 0.96/96 = 0.01 \text{ моль}; \quad M(\text{YS}) = 0.51 / 0.01 = 51 \text{ г/моль}, \quad M(\text{Y}) = 19 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, исходная соль – гидросульфид аммония NH_4HS .

Ответ: CuCl_2 , NH_4HS .

4. К 400 мл раствора NaOH с концентрацией 1.2 моль/л и плотностью 1.04 г/мл осторожно добавили 30 г 70%-ного олеума. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе. (8 баллов)

Решение:

Состав олеума: $m(\text{SO}_3) = \omega \cdot m = 0.7 \cdot 30 = 21$ г, $v(\text{SO}_3) = 21/80 = 0.2625$ моль,

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30 - 21 = 9 \text{ г}, \quad v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9/98 = 0.092 \text{ моль}.$$

При добавлении олеума к водному раствору из SO_3 образуется серная кислота:



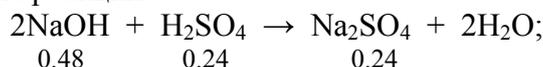
в количестве 0.2625 моль. Таким образом, общее количество серной кислоты из олеума составляет

$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2625 + 0.092 = 0.3545 \text{ моль}.$$

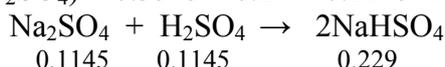
Количество щелочи:

$$v(\text{NaOH}) = c \cdot V = 1.2 \cdot 0.4 = 0.48 \text{ моль}.$$

В растворе протекают следующие реакции:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.3545 - 0.24 = 0.1145 \text{ моль}.$$



Количества и массы солей:

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.24 - 0.1145 = 0.1255 \text{ моль}, \quad m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.1255 \cdot 142 = 17.8 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{NaHSO}_4) = 0.229 \text{ моль}, \quad m(\text{NaHSO}_4) = 0.229 \cdot 120 = 27.5 \text{ г.}$$

Масса раствора и массовые доли солей:

$$m(\text{р-ра}) = 30 + 400 \cdot 1.04 = 446 \text{ г};$$

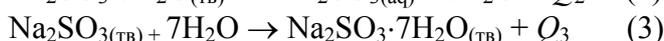
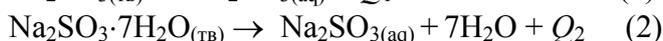
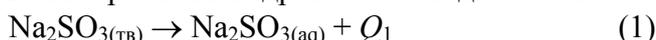
$$\omega(\text{NaHSO}_4) = 27.5 / 446 = 0.062 \text{ (или 6.2\%)};$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 17.8 / 446 = 0.04 \text{ (или 4.0\%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{NaHSO}_4) = 6.2\%$; $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 4.0\%$. Реально в растворе будут находиться ионы Na^+ , SO_4^{2-} , HSO_4^- .

5. При растворении в воде 63 г Na_2SO_3 выделяется 5650 Дж теплоты, а при растворении 63 г кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ поглощается 11715 Дж теплоты. Определите тепловой эффект процесса образования 1 моль $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ из безводной соли. (10 баллов)

Решение: запишем термохимические уравнения растворения Na_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и образования кристаллогидрата из безводной соли:



Видно, что $Q_3 = Q_1 - Q_2$

Рассчитаем значения Q_1 и Q_2 , приходящиеся на 1 моль $\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{ТВ})}$ и $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}_{(\text{ТВ})}$.

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 63/126 = 0.5 \text{ моль}, \quad Q_1 = 5650/0.5 = 11300 \text{ Дж/моль} = 11.3 \text{ кДж/моль};$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}_{(\text{ТВ})}) = 63/252 = 0.25 \text{ моль}, \quad Q_2 = -11715/0.25 = -46860 \text{ Дж/моль} = -46.86 \text{ кДж/моль}.$$

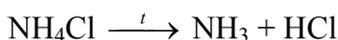
$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 11.3 + 46.86 = 58.16 \text{ кДж/моль}.$$

Ответ: 58.16 кДж/моль.

6. В стеклянную трубку поместили навеску хлорида аммония массой 3г, затем трубку закрепили наклонно и нагрели. Газы, выходящие из нижнего и из верхнего концов трубки, пропустили через дистиллированную воду. Объем воды в первом случае составил 250 мл, во втором – 1 л. Рассчитайте pH полученных растворов, если $K_{\text{дис}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 2 \cdot 10^{-5}$. (10 баллов)

Решение:

$$\nu(\text{NH}_4\text{Cl}) = m(\text{NH}_4\text{Cl}) / M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 3/53.5 = 0.056 \text{ моль}.$$



вверх вниз

$$\nu(\text{NH}_3) = \nu(\text{HCl}) = 0.056 \text{ моль}.$$

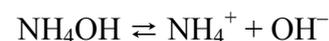
После пропускания газов через воду образовалось два раствора: раствор HCl ($V(\text{H}_2\text{O}) = 250$ мл) и раствор NH_4OH ($V(\text{H}_2\text{O}) = 1$ л).

Рассчитаем pH раствора HCl (сильная кислота, диссоциирует полностью):

$$c(\text{H}^+) = c(\text{HCl}) = \nu / V = 0.056 / 0.25 = 0.224 \text{ моль/л}, \quad \text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = 0.65.$$

Исходная концентрация NH_4OH (слабое основание):

$$c(\text{NH}_4\text{OH})_0 = 0.056 / 1 = 0.056 \text{ моль/л}.$$



$$c_0 - x \quad \quad x \quad \quad x$$

$$K_{\text{дис}} = \frac{x^2}{c_0 - x}.$$

Составим квадратное уравнение и решим его: $\frac{x^2}{0.056 - x} = 2 \cdot 10^{-5}$, $x = 1.05 \cdot 10^{-3}$.

$$c(\text{OH}^-) = 1.05 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

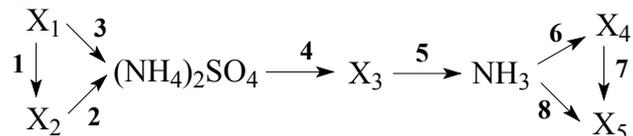
$$c(\text{H}^+) = 10^{-14} / c(\text{OH}^-) = 0.95 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л}.$$

Рассчитаем pH второго раствора:

$$\text{pH} = -\lg(0.95 \cdot 10^{-11}) = 11.03.$$

Ответ: 0.65, 11.03.

7. Дана следующая схема превращений:



В левом треугольнике все реакции протекают без изменения степени окисления элементов, в правом – все реакции окислительно-восстановительные. Предложите возможные неизвестные вещества и напишите уравнения соответствующих реакций. (12 баллов)

Один из возможных вариантов решения:

- 1) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_4$
- 2) $\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- 3) $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
- 5) $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} + \text{KOH}_{(\text{конц})} \xrightarrow{t} \text{NH}_3 \uparrow + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 6) $2\text{NH}_3 + 1.5\text{O}_2 \xrightarrow{t} \text{N}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$
- 7) $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{разряд}} 2\text{NO}$
- 8) $2\text{NH}_3 + 2.5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{кат}} 2\text{NO} + 3\text{H}_2\text{O}$

8. Дана следующая схема превращений:



Запишите уравнения реакций с использованием структурных формул участников превращений, укажите условия протекания. (12 баллов)

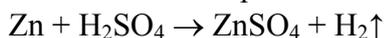
Один из возможных вариантов решения:

- 1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{глюкоза}]{\text{ферменты}} CH_3-CH_2-CH_2-COOH + 2CO_2 + 2H_2$ (маслянокислое брожение глюкозы)
- 2) $CH_3-CH_2-CH_2-COOH + Cl_2 \xrightarrow{P} CH_3-CH_2-CHCl-COOH + HCl$
- 3) $CH_3-CH_2-CHCl-COOH + 2KOH_{(\text{спирт})} \rightarrow CH_3-CH=CH-COOK + KCl + 2H_2O$
- 4) $2CH_3-CH=CH-COOK + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3-CH=CH-COOH + K_2SO_4$
- 5) $CH_3-CH=CH-COOH + 8KMnO_4 + 11KOH \rightarrow CH_3-COOK + KOOC-COOK + 8K_2MnO_4 + 7H_2O$
- 6) $CH_3-COOK + HCl \rightarrow CH_3-COOH + KCl$

Ответ: **X** – бутановая кислота $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$; **Y** – калийная соль бутеновой кислоты $CH_3-CH=CH-COOK$; **Z** – ацетат калия CH_3-COOK .

9. Локальное анодное растворение металла (электрохимическое травление) используют для получения рисунка на его поверхности. При каком значении тока следует проводить анодную обработку медно-цинкового сплава ($\rho = 8.2 \text{ г/см}^3$), чтобы за 10 минут сформировать бороздку длиной 10 см, шириной 5 мм и глубиной 3 мм при выходе реакции 50%. Известно, что при частичном растворении образца этого сплава массой 96.6 г в избытке разбавленной серной кислоте объем выделившегося газа при 25°C и 1 атм составил 14.66 л. (14 баллов)

1) определим состав и среднюю молярную массу сплава. С разбавленной кислотой реагирует только Zn



Всего выделилось $\nu(H_2) = 1 \cdot 101.3 \cdot 14.66 / (8.31 \cdot 298) = 0.6$ моль.

$$\nu(Zn) = 0.6 \text{ моль}, m(Zn) = 39 \text{ г}$$

$$m(Cu) = 96.6 - 39 = 57.6 \text{ г}$$

$$\nu(Cu) = 57.6 / 64 = 0.9 \text{ моль}$$

$$M_{\text{cp}} = m(\text{сплава}) / (\nu(Cu) + \nu(Zn)) = 96.6 / (0.6 + 0.9) = 64.4 \text{ г/моль.}$$

2) Рассчитаем массу сплава, которая подверглась анодной обработке.

$$m(\text{сплава}) = V \cdot \rho = 10 \cdot 0.5 \cdot 0.3 \cdot 8.2 = 12.3 \text{ г}$$

3) По закону Фарадея определим значение тока.

$$m(\text{сплава}) = \frac{t \cdot I \cdot \eta \cdot M_{\text{cp}}}{n \cdot F}, \text{ где } \eta = 0.5 \text{ – выход реакции, } n = 2 \text{ – число электронов.}$$

$$I = \frac{n \cdot F \cdot m(\text{сплава})}{t \cdot \eta \cdot M_{\text{сп}}} = \frac{2 \cdot 96500 \cdot 12.3}{600 \cdot 0.5 \cdot 64.4} = 123 \text{ А.}$$

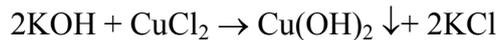
Ответ: 123 А.

10. Сложный эфир массой 25.6 г подвергли гидролизу. Образовавшуюся смесь нагрели со свежесажженной взвесью, полученной при действии 560 г 20%-ного раствора гидроксида калия на 135 г хлорида меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 250°C до постоянной массы, которая составила 60.8 г. Предложите возможную структурную формулу исходного эфира. (14 баллов)

Решение:

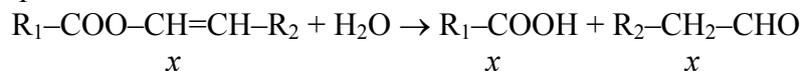
$$1) \nu(\text{KOH}) = 560 \cdot 0.2 / 56 = 2 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{CuCl}_2) = 135 / 135 = 1 \text{ моль.}$$

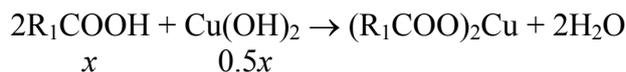
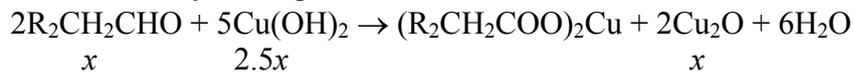


$$\nu(\text{Cu(OH)}_2) = 1 \text{ моль.}$$

2) Из условия известно, что продукты гидролиза сложного эфира реагируют с Cu(OH)_2 с образованием осадка. Возможно, что продуктом гидролиза является альдегид, а исходное соединение – эфир непредельного спирта:



При избытке Cu(OH)_2 возможны следующие реакции:

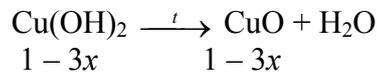


3) Осадок образован Cu_2O и оставшимся Cu(OH)_2 :

$$\nu(\text{Cu(OH)}_2) = 1 - 2.5x - 0.5x = 1 - 3x$$

$$\nu(\text{Cu}_2\text{O}) = x$$

После прокаливания:



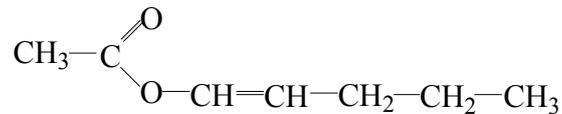
Масса твердого остатка равна 60.8, получаем уравнение

$$144 \cdot x + 80(1 - 3x) = 60.8 \quad x = 0.2 \text{ моль}$$

4) Определим молярную массу эфира:

$$M(\text{эфира}) = m(\text{эфира}) / \nu(\text{эфира}) = 25.6 / 0.2 = 128 \text{ г/моль.}$$

Искомый эфир – например $\text{CH}_3\text{COOCH=CH--C}_3\text{H}_7$, его структурная формула:



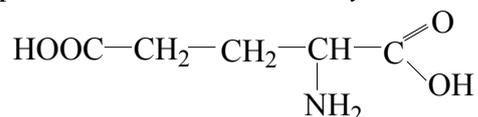
Решение заданий варианта 2

1. Приведите формулы двух соединений разных классов, в которых атом фосфора имеет минимальную степень окисления. (4 балла)

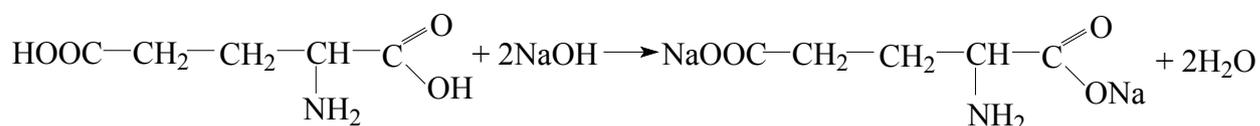
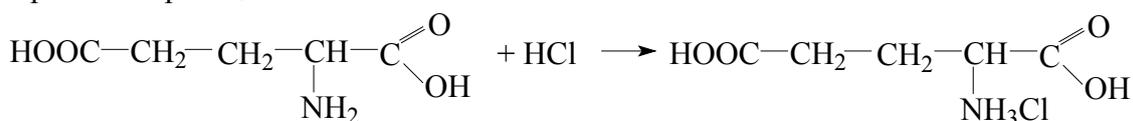
Минимальная степень окисления фосфора -3 , примеры соединений: PH_3 , K_3P .

2. Природное соединение состава $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ реагирует с растворами HCl и NaOH . Приведите структурную формулу соединения, его название и два упомянутых уравнения реакций. (8 баллов)

Формуле соответствует природная аминокислота – *глутаминовая* (2-аминопентандиовая).

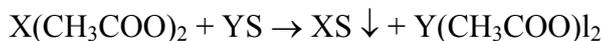


Уравнения реакций:



3. К раствору, содержащему 38.28 г ацетата металла (степень окисления $+2$), прибавили раствор, содержащий 6.12 г соли сероводородной кислоты, в результате выпало 27.96 г осадка. Приведите формулы исходных солей, если они прореагировали полностью. (8 баллов)

Решение:



Определим металл, входящий в состав исходного ацетата:

$$\nu(\text{XS}) = \frac{m(\text{XS})}{M(\text{XS})} = \frac{27.96}{x + 32} \quad n(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = \frac{m(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2)}{M(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2)} = \frac{38.28}{x + 118}$$

Так как $\nu(\text{XS}) = \nu(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2)$, находим $M(\text{X}) = 201$ г/моль, X – это ртуть Hg, исходная соль – $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

Определим молярную массу Y.

$$\nu(\text{YS}) = \nu(\text{XS}) = 27.96 / 233 = 0.12 \text{ моль}, M(\text{YS}) = 6.12 / 0.12 = 51 \text{ г/моль}, M(\text{Y}) = 19 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, исходная соль – гидросульфид аммония NH_4HS .

Ответ: $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, NH_4HS .

4. К 350 мл раствора KOH с концентрацией 1.4 моль/л и плотностью 1.07 г/мл осторожно добавили 50 г 55%-ного олеума. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе. (8 баллов)

$$\text{Состав олеума: } m(\text{SO}_3) = \omega \cdot m = 0.55 \cdot 50 = 27.5 \text{ г}, \nu(\text{SO}_3) = 27.5/80 = 0.344 \text{ моль},$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 50 - 27.5 = 22.5 \text{ г}, \nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 22.5/98 = 0.230 \text{ моль}.$$

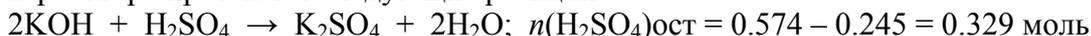
При добавлении олеума к водному раствору из SO_3 образуется серная кислота



в количестве 0.344 моль. Таким образом, общее количество серной кислоты из олеума составляет $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.344 + 0.230 = 0.574$ моль.

$$\text{Количество щелочи: } \nu(\text{KOH}) = c \cdot V = 1.4 \cdot 0.35 = 0.49 \text{ моль}.$$

В растворе протекают следующие реакции:



$$0.49 \Rightarrow 0.245 \Rightarrow 0.245$$



2012/2013 учебный год
КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЁРОВ¹

олимпиады школьников «ЛОМОНОСОВ»
по ХИМИИ

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ:

От 98 баллов включительно и выше.

ПРИЗЁР:

От 82 баллов до 97 баллов включительно.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ (диплом I степени):

От 96 баллов включительно и выше.

ПРИЗЁР (диплом II степени):

От 86 баллов до 95 баллов включительно.

ПРИЗЁР (диплом III степени):

От 80 баллов до 85 баллов включительно.

¹ Утверждены на заседании жюри олимпиады школьников «Ломоносов» по химии.